VOL. 33, Nº 1 JUNIO 2012 ISSN 0717-2915

Revista Journal SELPER

Isla de Cuba
Imagen de satélite MODIS

REVISTA JOURNAL

SOCIEDAD LATINOAMERICANA DE PERCEPCION REMOTA Y SISTEMAS DE INFORMACION ESPACIAL • SOCIEDADE LATINO-AMERICANA EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO ESPACIAI • LATINAMERICAN SOCIETY ON REMOTE SENSING AND SPACE INFORMATION SYSTEM

SELPER

VOL. 33 Nº 1 Junio 2012 ISSN 0717-2915

FOTO PORTADA

Isla de Cuba

Imagen de satélite Aqua-MODIS, del 3 de abril de 2004. En color rojo se observan numerosos focos de incendio; debido a su localización y a la fecha de la imagen, estos incendios pueden ser intencionales relacionándolos con actividades agrícolas. Obtenida de NASA/GSFC

EJEMPLAR DE DISTRIBUCION GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DIRECTORIO SELPER, SEDE MEXICO 2010 - 2012
Universidad Autónoma de Tamaulipas
Cd. Victoria, Tam. México
Tel. (834)3181721 - (834) 3189361
Selper.internacional@gmail.com

PRESIDENTE
Silvia Casas Gonzalez
Mexico

VICE-PRESIDENTE
Isabel Cruz
Mexico

VICE-PRESIDENTE
Eloy Perez
Cuba

VICE-PRESIDENTE
Aurelie Sand
Francia

SECRETARIO GENERAL
Fabián Lozano
Mexico

RESPONSABLE DE DIVULGACIÓN ELECTRÓNICA
Victor Flores
Mexico

TESORERO
Brenda Portes
Mexico

COMITÉ DE RELACIONES INTERNACIONALES
Luz Angela Salamanca (Colombia)
Presidente interina
Laurent Durieux – Francia
Pedro Luis García Pérez - Cuba
Pedro Martínez Fernández - Cuba
Olga Piedad Rudas - Colombia
Anyul del Pilar Mora - Colombia
Luis Geraldo Ferreira - Brasil
Washintong Franca Rocha - Brasil
Victor Barrena - Perú
Ramiro Salcedo - Venezuela

COMITÉ EDITORIAL
María Cristina Serafini (Argentina)
Presidente
Miriam Esther Antes – Argentina
Fabián Lozano – México
Leila María Fonseca – Brasil
Jorge Martín Chiroles - Cuba
Francisca Celia González - Argentina
Freddy Flores – Venezuela

COMITÉ DE EDUCACIÓN
Maria Antonia García Cisnero (Cuba)
Presidente
Luz Angela Rocha Salamanca- Colombia
Laura Delgado - Venezuela
Ethel Rubín de Celís Llanos - Perú
Josselisa Ma. Chávez - Brasil

COMITÉ DE PROYECTOS INTERNACIONALES
Paulo Roberto Martini (Brasil)
Presidente
Christopher Charron – Francia
Alfredo Cuello – Argentina

CAPÍTULOS CONSTITUIDOS

ARGENTINA
Miriam Esther Antes
Universidad Nacional de Luján (PRODITEL)
Fuerza Aérea Argentina (CSR)
Cruce Rutas 5 y Ex. 7 (6700)
Luján, Buenos Aires, Argentina
Tel: 54 - 2323- 420380 - int. 248
Fax: 54 - 2323- 425795
E-mail: selperargentina@gmail.com

BOLIVIA
José Luis Liseca
Carrera de Topografía y Geodesia
Facultad Técnica
Universidad Mayor de San Andrés
Av. Arce 2299 1º Piso
La Paz, Bolivia
Tel.: 591-2-2441401
E-mail: jlisec@hotmail.com

BRASIL
Laércio Massuru Namikawa
INPE
Av. Dos Astronautas 1758, Sao José dos Campos
San Pablo, Brasil
Tel: 55 - 12-39456000
E-mail: laercio@dpi.inpe.br

CHILE
Gina Ghio
Data Research servicios de Ingeniería
Manuel Antonio Prieto 0152
Santiago, Chile.
Tel: 562 - 6651730
Fax: 562 - 6659201
E-mail: ginaghio@dataresearch.cl

COLOMBIA
Olga Piedad Rudas
Carrera 30 No. 48-51 Edificio IGAC-CIAF Of. 212
Bogotá D.C., Colombia
Tel: 57-1-369-4096
Fax: 57-1-369-4096
E-mail: orudas@prosis.com

CUBA
Pedro Luis García Pérez
Sede UNAICC, Humboldt No. 104,
Esquina a Infanta, Vedado, La Habana, Cuba
Telf.: (5 37) 8363447
E-mail: lgarcia@ch.unaicc.cu

ECUADOR
Cor. Ricardo Urbina
CLIRSEN
Edif. Instituto Geográfico Militar, Piso 4
Seniergues s/n y Paz y Miño
Apartado Postal 17-08-8216
Quito, Ecuador
Tel.: 593- 2- 254-3193

GUATEMALA
Carlos Alberto Duarte
Ingeniería Virtual
Ruta 4, 6-49 Zona 4, Oficina 14
Ciudad de Guatemala (01004), Guatemala
Tel: 502 - 334-1039/4038
Fax: 502 - 331-9390
E-mail: chduarte@hotmail.com

GUYANA FRANCESA
Laurent PolidoriI
Directeur de Recherche IRD / US ESPACE 140
Institut de Recherche pour le Développement (ex-ORSTOM)
Route de Montabo - BP 165 - 97323 Cayenne cedex
Tel. (+594) 594 29 92 81
Fax (+594) 594 31 98 55
E-mail:polidori@cayenne.ird.fr

MÉXICO
Jean Francois Mass
UNAM Campus Morelia
Morelia, Michoacan, México
E-mail: jfmas@ciga.unam.mx

FRANCIA
Aurélie SAND
CNES
18 avenue Edouard Belin, 31401 Toulouse Cedex 9
tél : 05 61 27 43 89
sec : 05 61 28 14 54, Christine Faure
E-mail: aurelie.sand@cnes.fr

URUGUAY
Antonio Alarcón
Servicio de Sensores Remotos
Aeroespaciales Fuerza Aérea Uruguaya
Ruta 101 s/n Km. 19500
Carrasco, Canelones, Uruguay
Tel.: 598 -2 601 4083
Fax: 598 -2 601 4090
E-mail: aalarconv@hiotmail.com

VENEZUELA
Ramiro Salcedo
Centro de Procesamiento Digital del Instituto de Ingenieria en Caracas
Apdo. Postal 40200 / Caracas, Venezuela
Tel/fax: 58 - 212 - 903 -4682
E-mail: ramiros@fii.org

PERÚ
Victor Barrena Arroyo
Universidad Nacional Agraria La Molina
Av. La Universidad s/n
La Molina, Lima, Perú
Tel / Fax: 51-1-349-5647 anexo 232/349-2041
E-mail: vbarrena@lamolina.edu.pe

CAPÍTULOS EN FORMACIÓN

PARAGUAY
Sergio M. Burgos Sosa
IPPA
Dr. César Sánchez 431
San Lorenzo, Paraguay
Tel/Fax: 595- 21-574909
Email: smburgos@highway.com.py

CAPÍTULOS ESPECIALES

ALEMANIA
Klaus Reiniger
DLR
D-8031 Oberpfaffenohfen
Alemania
Tel: 49- 8153- 281.189
Fax: 49- 8153- 281.443

CANADÁ
Fritz P. Dubois
25 Nidland
Crs Nepean Ontario Kh2-8n2
Ontario, Canadá
Tel: 613- 596-4164
Fax: 613- 723-9626

ESPAÑA
José L. Labrandero
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
Pinar 25- Madrid 28006, España
Tel: 34- 411.10.98
Fax: 34- 562.55.67

HOLANDA
Carlos Valenzuela
ITC
350 Boulevard 1945, P.O.X. 6. 7500 AA
Enschede, Holanda
Tel.: 31 53 874-444
Fax: 31 53 874-400

ITALIA
Francesco Sarti
ESA/ESRIN
Via Galileo Galilei, s/n
I-00044 Frascati, Italia
Tel: 39 - 694180409
Fax: 39 - 694180602
E-mail: Francesco.Sarti@esa.int

Maurizio Fea
via Alessandro Poerio, 49
00152 Roma
tel/fax: +39065880581
móvil: +393281771383
E-mail: maufea@gmail.com

USA
Patricia M. Ravelo
SPOT
Estados Unidos
Tel: 1-800-ask-spot ext. 137
Fax: 703-648.1813
E-mail: ravelo@spot.com

COMITÉ EDITORIAL

María Cristina Serafini (Argentina)
PRODITEL
Universidad Nacional de Luján
Cruce rutas 5 y ex 7
(6700) Luján, Buenos Aires, Argentina
Tel: 54-2323-423171 int 248
Fax: 54-2323-425795
E-mail: proditel@mail.unlu.edu.ar

Miriam Esther Antes (Argentina)
PRODITEL
Universidad Nacional de Luján
Cruce rutas 5 y ex 7
Luján, Buenos Aires, Argentina
Tel: 54-2323-423171 int 248
Fax: 54-2323-425795
E-mail: proditel@mail.unlu.edu.arx

Leila María Fonseca (Brasil)
INPE
Av. Dos Astronautas 1758, Sao José dos Campos, Sao Paulo, Brasil
Tel: 55 - 12-39456000
E-mail: leila@dpi.inpe.br

Fabián Lozano (Mexico)
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
Av. Euganio Garza Sada # 2501 sur, Col. Tecnológico, Monterrey, Nuevo León, México
Tel: 52 - 81 - 8358 - 1400 ext 5275
Fax: 52 - 81 - 8358 - 6280
E-mail: dflozano@itesm.mx

Jorge Martín Chiroles (Cuba)
E-mail: ciencia@geocuba.com.cu

Francisca Celia González (Argentina)
Universidad Nacional del Sur
Departamento de Geología
San Juan 670 (8000)
Bahía Blanca, Argentina
Tel: 54 - 291 - 459 5102 - int. 4360
Fax: 54 - 291 - 459 5127
E-mail: ghgonzal@criba.edu.ar

Freddy Flores (Venezuela)
Fundación Instituto de Ingeniería
Carretera Vieja de Baruta, Sector Sartenejas, Urb. Monte Elena II
Caracas, Venezuela
Tel: 58 2-903 4661-4610
Fax: 58 2- 903 4780
E-mail: freddyf@fii.org

COMITÉ DE EVALUADORES

Alina del Río Marceau
(GEOCUBA - Cuba)
Ma. Antonia García Cisnero
(GEOCUBA - Cuba)
Pedro Martínez Fernández
(GEOCUBA - Cuba)
Sandra González García
(GEOCUBA - Cuba)
Rob Lemmens
(Universidad Twente)

ÍNDICE TEMÁTICO

- **Clasificación de coberturas y usos de la tierra a partir del análisis espectro-temporal de imágenes satelitales**

  Reyes Alonso, I
  Ponvert-Delisles, D.
  Estrada Estrada, R.
  F. Kelly..... 5

- **Interpretación y cartografía de las unidades geológicas de la cuenca hidrográfica del río Luyanó con el uso de técnicas de teledetección**

  Mateo Rego, L.
  Rodríguez, J.
  Seco Hernández, R
  Pérez García, E.
  Torriente Martínez, L.
  Castro Castro, L.
  Guerra Sosa, Y.
  Batte Hernández, A.
  Mantilla Ávila, A.
  Tamayo Sierra, A.
  A. Fernández..... 13

- **Sistema de información geoespacial para la gestión del riesgo de desastres por la defensa civil nacional**

  Rodríguez Hernández, R.
  Correa Cobas, R.
  Espín Buiría, Y.
  J. Granda Pérez 20

- **Cobertura vegetal en Pinar del Río, un prototipo de servicio de información geográfico por internet**

  Dayamit Ojeda Martínez 31

Editado por: SELPER Internacional
Universidad Nacional de Luján
Rutas 5 y ex 7, (6700) Luján - Bs. As. - ARGENTINA

EJEMPLAR DE DISTRIBUCIÓN GRATUITA PROHIBIDA SU VENTA

PLAN EDITORIAL SELPER 2010 - 2012

PLAN EDITORIAL SELPER

A partir de las decisiones adoptadas en el marco del XIII Simposio Latinoamericano de Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial, llevado a cabo en La Habana, Cuba, en setiembre de 2008, la edición de la Revista SELPER está disponible en la página de nuestra Sociedad: http://www.selper.org.

En esta oportunidad hacemos llegar la publicación del volumen 33 Número 1, donde se incluyen trabajos que han sido presentados en el VII Congreso Internacional GEOMATICA 2011, desarrollado en La Habana, Cuba, entre los días 7 y 11 de febrero de 2011.

La revisión de estos trabajos ha sido realizada por los miembros del Comité Organizador del mencionado Congreso, bajo la coordinación del Dr. Jorge Chiroles, a quién agradecemos su aporte.

NORMAS PARA LOS AUTORES

Los artículos recibidos serán enviados a tres (3) expertos en la temática para su revisión. Los trabajos aprobados serán publicados en estricto orden, de acuerdo a las fechas de llegada de las contribuciones.

Los idiomas oficiales SELPER son: Español, Portugués e Inglés.

Los trabajos deberán estructurarse contemplando las siguientes secciones:

a) Título del trabajo. Nombre de los autores y direcciones completas

b) Resumen (no más de 150 palabras) indicando al final las palabras claves. Deberá incluirse en Español o Portugués, además de Inglés

c) Introducción

d) Objetivos

e) Metodología empleada y materiales

f) Resultados obtenidos

g) Conclusiones

h) Bibliografía: sólo se incluirá la citada en el texto. Se indicarán los autores, por orden alfabético, año, título, revista o medio donde fue publicado, incluyendo volumen y páginas, cuando corresponda.

Los títulos y subtítulos de cada sección deberán estar claramente indicados (ya sea con numeración o tamaño de letras). Las tablas, fotos y figuras deberán ser suficientemente nítidas, llevar un título y estar numeradas en forma consecutiva.

Se deberá enviar una copia del trabajo en formato Word y una copia papel. La extensión total del trabajo no deberá superar las 12 páginas, (DIN-A4).

Los trabajos se enviarán a: editorial@selper.org

Clasificación de coberturas y usos de la tierra a partir del análisis espectro-temporal de imágenes satelitales

Reyes Alonso, I. (1); Ponvert-Delisles, D. (2); Estrada Estrada, R. (3) y F. Kelly (1)

1. GEOCUBA Investigación y Consultoría, Esq. Loma y 39, Nuevo Vedado, Plaza, La Habana, Cuba. ines@uct.geocuba.cu - kelly@uct.geocuba.cu
2. Grupo de Teledetección. Facultad de Agronomía. Universidad Agraria de La Habana, Cuba, dponvert@unah.edu.cu
3 Fundación Antonio Núñez Jiménez de la Naturaleza y el Hombre, Cuba, Rey2005a@gmail.com

RESUMEN

Con el objetivo general de contribuir al conocimiento de la variabilidad espacio-temporal del uso de la tierra, aportando información cartográfica actualizada que apoye los procesos de análisis y toma de decisiones, se realizan en Cuba los trabajos de creación de un Mapa Temático de Uso de la Tierra del territorio nacional, a escala 1:250 000. El presente trabajo muestra los principales aspectos de la metodología propuesta para la creación de dicho Mapa, aplicados en una zona del occidente del país. Esta metodología propone obtener la cartografía de ocupación del suelo a partir de la clasificación espectro-temporal supervisada de dos imágenes satelitales Landsat 7 ETM+. Posteriormente se infiere el uso de la tierra mediante criterios de interpretación-asociación y asignación de contexto. Los resultados obtenidos son aceptables y motivan a profundizar los estudios de la temática.
Palabras Clave: Cobertura y uso de la tierra, clasificación digital, imágenes satelitales

ABSTRACT

With the overall objective of contributing to knowledge of spatial and temporal variability of land use, providing updated cartographic data to support the processes of analysis and decision making are performed in Cuba the works for the elaboration of a Thematic Map of Land Use of the national territory, 1:250 000 scale. The present paper shows the main aspects of the proposed methodology for the creation of this map, applied to a west area of the country. This methodology aims to obtain the cartography of land cover from the supervised spectro-temporal classification of two satellite images Landsat 7 ETM. Afterwards the land use is inferred by interpretation-association criteria and allocation context. The results are acceptable and encourage further studies of the subject.
KeyWords: Land cover and land use, digital classification, images satelitales

INTRODUCCIÓN

El conocimiento preciso de la cobertura terrestre y la dinámica de sus cambios resulta un aspecto fundamental para el manejo sostenible de los recursos naturales, la protección del medioambiente, los programas alimentarios y el desarrollo de infraestructuras de cualquier territorio.

Para facilitar el conocimiento de la cobertura terrestre se encuentran empleados y diversificados internacionalmente los mapas temáticos de ocupación y de uso de la tierra. Los mismos pueden encontrarse referidos con diferentes terminologías en dependencia de los objetivos, autores y proyectos con los que se hayan creado. Dada la generalidad de confundir el término de uso de la tierra con el de ocupación o cobertura terrestre, resulta necesario establecer qué se entiende por cada uno de ellos, para esto de acuerdo a lo definido por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), [2]:

Uso de la tierra: son las actividades que el hombre emprende en un cierto tipo de cobertura de la tierra para producir, cambiarla o mantenerla. Establece una relación directa entre la cobertura de la tierra y las acciones del hombre en su medio ambiente.

Los usos son clasificados como Urbano, rural, agrícola, forestado, etc.

Ocupación del suelo (Cobertura Terrestre): es el recubrimiento o cubierta biofísica que se observa sobre la superficie terrestre. Incluye la vegetación y elementos antrópicos, así como roca, suelo desnudos y cuerpos de agua.

Las coberturas son clasificadas como Territorios artificializados (zonas urbanizadas, zonas industriales y redes de comunicación), Territorios agrícolas (cultivos temporales, cultivos permanentes, pastos), Bosques, etc.

OBJETIVOS

En consecuencia con lo planteado anteriormente, en Cuba se realizan los trabajos de creación de un Mapa Temático de Uso de la Tierra del territorio nacional a escala 1:250 000, con el objetivo general de "Contribuir al conocimiento de la variabilidad espacio-temporal del uso de la tierra en Cuba, aportando información cartográfica actualizada que apoye los procesos de análisis y toma de decisiones". Para la creación del Mapa se propone una Metodología que

establece los métodos y procedimientos técnico-organizativos, con el empleo de las técnicas de la Geomática como la Teledetección, el Procesamiento Digital de Imágenes, la Cartografía Digital y los Sistemas de Información Geográfica (SIG).
Esta metodología es el resultado de un período de investigación de diferentes métodos existentes para el procesamiento digital de imágenes y plantea la obtención de la cartografía de ocupación del suelo a partir del análisis espectro-temporal de dos imágenes satelitales Landsat 7 ETM+ (SCL off), combinado con la Clasificación Digital Supervisada sustentada por una efectiva selección de categorías multitemporales y el posterior análisis de las clases de ocupación resultantes para inferir el uso de la tierra mediante una serie de criterios de interpretación-asociación y asignación de contexto.

El presente trabajo aborda los principales aspectos dispuestos en dicha Metodología a partir del caso de estudio realizado en un territorio de la provincia Pinar del Río.

METODOLOGÍA

Área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la Llanura Aluvial del Sur de la región occidental de Cuba, en la zona sureste de la provincia de Pinar del Río, enmarcada entre las coordenadas 22° 09' a 22° 30' de Latitud Norte y 83° 01' a 83° 43' de Longitud Oeste. Comprende áreas de los municipios de San Luís, Pinar del Río, Consolación del Sur, Los Palacios y San Cristóbal, abarcando una extensión superficial sobre tierra de 1829.7 Km², (Figura 1).

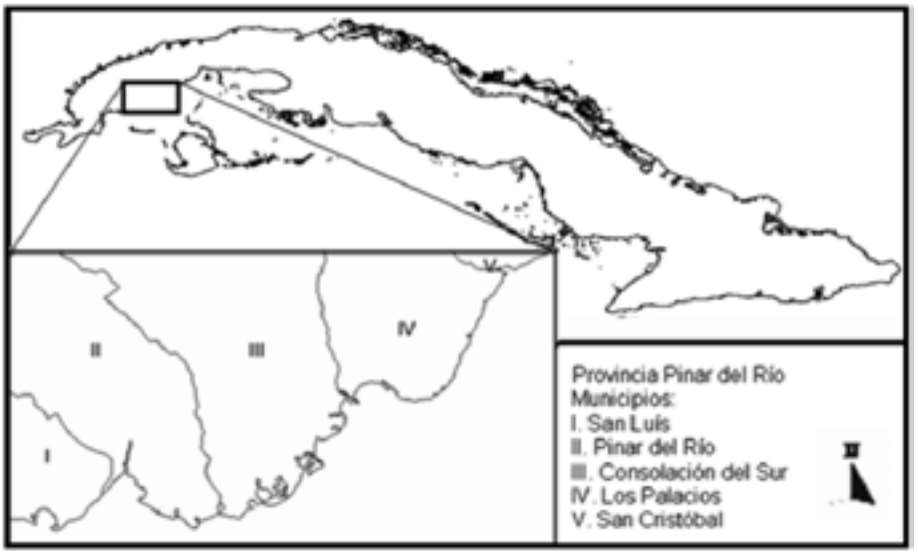


Figura 1: Ubicación Geográfica del área de estudio y municipios que contiene

El clima en la zona, como en toda Cuba es tropical y húmedo. Las precipitaciones se manifiestan en dos estaciones: la seca y la lluviosa. La primera, se extiende de noviembre hasta abril, aunque en este período no hay ausencia total de lluvias, sino una disminución notable de éstas. Los meses más secos suelen ser diciembre, febrero y marzo. La época de lluvias abarca de mayo a octubre, y el mes menos lluvioso es el de agosto. La zona es frecuentemente afectada por eventos tropicales en la temporada ciclónica, comprendida entre el primero de junio al treinta de noviembre. La temperatura media anual es de 24 grados Celsius, siendo los meses más calurosos julio y agosto, los meses más frescos son diciembre, enero y febrero.
La vegetación en la zona se caracteriza por la poca presencia de bosques naturales, exceptuando escasos bosques de galería y más abundantes bosques de manglar en el litoral. Son frecuentes los matorrales costeros, secundarios y marabusales. Los cultivos rotativos, arrozales y los pastos ocupan el mayor por ciento del área de estudio.

Datos de partida

Para la creación del mapa temático de ocupación de la tierra se emplean tres grupos fundamentales de datos de partida.

Datos Principales

Los constituyen las imágenes de satélites de las cuales se extraerán las clases temáticas (coberturas terrestres), aplicando las reglas de clasificación digital de imágenes. Para ello se cuenta con 6 imágenes de la escena 16045 del satélite LANDSAT 7

ETM+. La plataforma de los satelites Landsat 7 emplean el sensor Mapeador Temático Mejorado (ETM+) y se encuentran operativos desde el año 1999. Este satélite, percibe siete bandas espectrales en forma simultánea, posee una resolución temporal de 16 días, y espacial de 30 metros para las imágenes multiespectrales y 15 metros para las pancromáticas.
En la actualidad presenta un problema a causa de una falla en el instrumento que corrige las líneas escaneadas, conocido como Scan Line Corrector (SLC-off), el cual se encuentra apagado desde Mayo de 2003, dando como resultado que todas las escenas de Landsat 7 adquiridas desde esa fecha presenten franjas de datos inválidos (referidas como Gaps). Los gaps provocan aproximadamente, la pérdida de un 22% de la información de cada imagen. Están dispuestos en franjas inclinadas hacia la izquierda unos 8o respecto a la orientación horizontal debido a la rotación de la imagen, y aparecen en intervalos de 33 píxeles [3].
Además se cuenta con las Imágenes del Google Earth publicadas hasta enero del 2010., las cuales son utilizadas básicamente para la identificación visual de coberturas, dada la alta resolución espacial que poseen, aunque en muchos casos resultan envejecidas.

Datos Auxiliares
En calidad de datos auxiliares fueron utilizados un conjunto de materiales cartográficos, fundamentalmente para apoyar las tareas de interpretación de las imágenes. Entre estos se destacan: el Mapa Topográfico Digital de Cuba 1:100 000. Implementado en plataforma SIG, el cual contiene las tablas y atributos originales; el Mapa Oficial del Catastro Nacional, el cual contiene la información referida al uso y tenencia de la tierra a nivel parcelario (escala 1: 10 000), lo que permite ser utilizado como “verdad terreno” en las tareas de verificación.
Leyendas
También como información de partida se utilizó una “Leyenda de clases informacionales” [4]. El proyecto cuyos objetivos general y específicos sustentan este trabajo, se inscribe en el Nivel 3 de la Leyenda de Clases de Ocupación del Suelo para Cuba, para una escala de representación cartográfica de 1: 250 000. Este nivel incluye un total de 35 clases de ocupación del suelo (Tabla 1), que por razón de espacio no serán descritas y caracterizadas en este trabajo.

Tabla 1: Leyenda jerárquica de Clases de Ocupación del Suelo para Cuba (Niveles I, II, III)

Nivel 1 1: 1 000 000 – 1: 5 000 000 GOES, NOAA-AVHRR SPOT-Vegetation	Nivel 2 1: 500 000- 1: 300 000 MODIS	Nivel 3 1: 250 000-1:100 000 Landsat 5-TM, Landsat 7-TM, SPOT-XP
1. Superficie Artificializada	1.1. Superficie Urbanizada	1.1.1 Superficie del Tejido Urbanizado
	1.2 Superficie de Instalaciones e Infraestructura	1.2.1 Superficie de Instalaciones Industriales
		1.2.2 Aeropuertos
		1.2.3 Otras Instalaciones Aisladas
		1.2.4 Superficie de Red Vial
		1.2.5 Superficie de Red Ferroviaria
	1.3 Superficie de extracción y escombreras	1.3.1 Superficies de extracción minera
		1.3.2 Vertederos
	1.4 Areas verdes artificiales	1.4.1 Superficie de Areas verdes artificiales
2. Superficie Agricola	2.1. Cultivos temporales	2.1.1 Cultivos varios
		2.1.2 Arroz
		2.1.3 Otros cultivos temporales
	2.2. Cultivos permanentes	2.2.1 Caña de azúcar
		2.2.2 Cítricos
		2.2.3 Otros Frutales
		2.2.4 Plátano
		2.2.5 Otros cultivos permanentes
	2.3. Pastos	2.3.1 Pastos cultivados
		2.3.2 Pastos naturales
	2.4. Areas agricolas heterogéneas	2.4.1 Areas agricolas heterogéneas
3. Superficies de Bosques, medios seminaturales y espacios abiertos	3.1. Bosques	3.1.1 Bosques de Latifolias
		3.1.2 Bosques de Coniferas
		3.1.3 Bosque de mangle
	3.2. Areas con vegetación arbustiva y Complejos de vegetación	3.2.1 Matorrales
		3.2.2 Complejo de Vegetación
	3.3. Areas con vegetación herbácea	3.3.1 Herbazal de ciénaga
	3.5. Areas abiertas, con poca o sin vegetación	3.3.1 Playas, dunas y arenales
		3.3.2 Afloramientos rocosos
		3.3.3 Suelo desnudo
		3.3.4 Zonas quemadas
4. Superficies húmedas	4.1. Areas húmedas Interiores	4.1.1 Pantanos
	4.2. Areas húmedas costeras	4.2.1 Salinas
5. Superficies de agua	5.1 Aguas Interiores	5.1.1 Cursos de agua
		5.1. 2 Espejos de agua
	5.2. Aguas marítimas	5.2.1 Mares y océanos

En el marco del proyecto se desarrolló la "Leyenda de Usos de la Tierra" basada en el documento que rige técnica y metodológicamente los indicadores de la tierra de la actividad catastral en Cuba "Nomenclador único de los Usos de la Tierra". La leyenda desarrollada es jerárquica y arborescente, cuenta con 6 niveles estructurados para diferentes escalas desde 1:1000000 hasta 1:2000.

El Mapa de Uso de la Tierra objeto de este proyecto se inscribe en la lógica del Nivel III (Tabla 2) de dicha leyenda, que enmarca las escalas 1:100 000 – 1:250 000, este nivel incluye 26 clases de uso de la tierra relacionadas a continuación:

Tabla 2: Clases de Usos de la Tierra - Nivel III

Nivel III - Escalas 1:100 000 – 1:250 000	
Clase1: Caña de azúcar	Clase14: Superficie Deforestada
Clase2: Cítrico	Clase15: Superficie no apta para la agricultura y silvicultura
Clase3: Pastos Cultivados	Clase16: Zonas Húmedas
Clase4: Frutales	Clase17: Hídrica natural
Clase5: Plátano	Clase18: Embalses
Clase6: Otros cultivos permanentes	Clase19: Canales
Clase7: Arroz	Clase20: Asentamientos Rurales
Clase8: Cultivos varios	Clase21: Asentamientos Urbanos
Clase9: Otros cultivos temporales	Clase22: Superficie de instalaciones de apoyo a la producción agropecuaria y silvícola
Clase10: Pastos naturales	Clase23: Superficie de instalaciones de transporte e infraestructura,
Clase11: Superficie ociosa	Clase24: Superficie de instalaciones industriales
Clase12: Bosques naturales	Clase25: Superficie de otras instalaciones
Clase13: Plantaciones de Bosques artificiales	Clase26: Area de uso heterogéneo

Etapas de trabajo y Resultados obtenidos

Durante el desarrollo de las distintas etapas de trabajo se integraron las técnicas del procesamiento digital de imágenes de satélite con el análisis espacial de la información temática georreferenciada, a través de un Sistema de Información Geográfico.

Selección de las imágenes Landsat 7 ETM+ (SLC-off)

La selección de las imágenes Landsat 7 ETM+ (SLC-off) se vio limitada por el alto porcentaje de cobertura nubosa presente en las mismas en todo el año 2009. Bajo estas circunstancias impuestas por la naturaleza solo fue posible obtener dos imágenes libres de cobertura nubosa (menos del 5%), la primera del 24 de marzo (correspondiente a la época de seca) y la segunda del 19 de septiembre (correspondiente al final del período lluvioso). Además se recopilaron otras 4 imágenes del mismo año que aunque sobrepasan el 15% de cobertura nubosa son necesarias para el proceso de rellenado de las dos primeras.

Procesamiento Digital de las Imágenes

-Correcciones de la imagen

Como se explica anteriormente, dada la presencia de líneas de datos inválidos o "gaps" en las imágenes disponibles Landsat 7 ETM+ (SLC-off) resulta necesario una etapa de rellenado de los gaps y de limpieza y sustitución de las zonas cubiertas por nubes y sus sombras. Este trabajo se realiza según la "Metodología para la sustitución de los vacíos o Gaps" [3] y con el empleo del Software SLC-off Gap Filled Versión Cubana 1.1. De manera generalizada, entre los pasos para el rellenado de la imágenes Landsat 7 ETM+ (SLC-off) se encuentran los siguientes: calibración radiométrica de todas las imágenes; sustracción de los cuerpos oscuros de cada una de ellas; eliminación de todas las nubes y sombras aplicando una máscara sobre las mismas; ajuste de los histogramas entre las imágenes, para lograr acercar los valores de píxeles entre las mismas; completamiento de todas las bandas de la imagen del 24 de marzo del 2009 y del 19 de septiembre del 2009.Como resultado de este proceso, disponemos de dos imágenes de trabajo Landsat 7 ETM+ para el estudio propuesto. En la Figura 2 se muestra un fragmento de la escena 16045 Landsat 7 ETM+ antes y después del proceso de sustitución de líneas inválidas y de la limpieza de las nubes y las sombras.

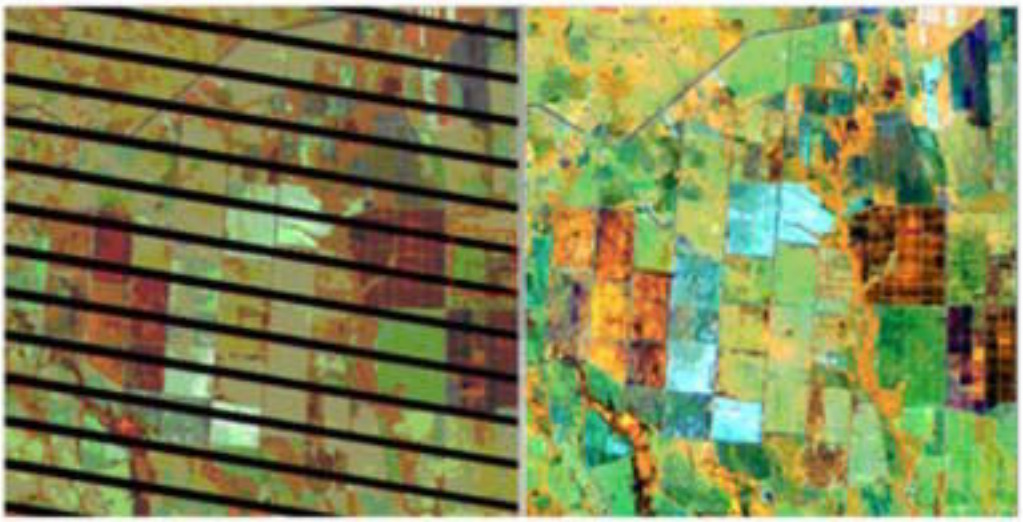


Figura 2: Fragmento de imagen Landsat ETM+ (SLC-off) (combinación 453) antes y después de corregida

Realces y mejoras de la imagen
Resulta muy útil aplicar la expansión linear del 2% y la ecualización del histograma para lograr mayor contraste entre los tonos de las diferentes clases.
Las combinaciones de bandas más acertadas para los trabajos de clasificación y discriminación de los bosques de latifolias, matorrales, pastos, cultivos, cuerpos de agua, zonas artificializadas y suelo desnudo son las combinaciones 453 y la denominada falso color o infrarrojo color: 432.
Obtención de productos especiales
Se obtuvo el Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), el cual resulta muy útil en la discriminación de masas de vegetación.
Fueron fusionadas las 6 bandas espectrales con resolución espacial de 30m con la banda pancromática de 15m, obteniéndose como resultado una imagen de 15m de resolución espacial, con tonalidades muy similares a la composición de las bandas originales, o sea, sin alterar el contenido temático. La fusión se realizó aplicando el método Gram-Schmidt.
Análisis de Imágenes
Clasificación espectro-temporal de las imágenes
Se realizó una visita de reconocimiento al terreno, la cual de conjunto con un minucioso estudio de la cartografía disponible y de las imágenes del Google Earth facilito la familiarización con la zona de estudio.
De manera preliminar se realizaron clasificaciones no supervisadas por ISODATA sobre las 6 bandas no termales de ambas imágenes de trabajo, empleando hasta 30 iteraciones y entre 12-15 grupos, este resultado fue útil para conocer las clases discriminantes en las imágenes.
Alcanzado un aceptado conocimiento de la imagen fueron evaluadas de forma práctica varias metodologías de clasificación, siendo la de mejores resultados la clasificación supervisada por el método de máxima verosimilitud realizada sobre el archivo (Metafile) compuesto por la combinación de las bandas no termales de ambas imágenes de trabajo, el NDVI calculado para cada una de ellas y las bandas de brillo, verdor y humedad obtenidas mediante la transformación Tasseled Cap de cada una de ellas. Para realizar dicha clasificación se identificaron 23 categorías multitemporales, que permitieron discriminar las clases poco separables espectralmente, pero sí atendiendo a su variabilidad temporal [1]. Para que se tenga una idea de la importancia de este análisis multiestacional baste señalar el caso de la clase informacional “Arroz”, la cual se manifestó en cuatro clases espectrales distintas de acuerdo al estado fenológico en que se encontraba el cultivo y de preparación del suelo. Este último aspecto los autores se proponen profundizarlo en futuros proyectos.
Descripción del resultado
El resultado de esta etapa consiste en el “Mapa Temático de Ocupación del Suelo” (Figura 3) en plataforma SIG de la zona de estudio, en la provincia Pinar del Río.

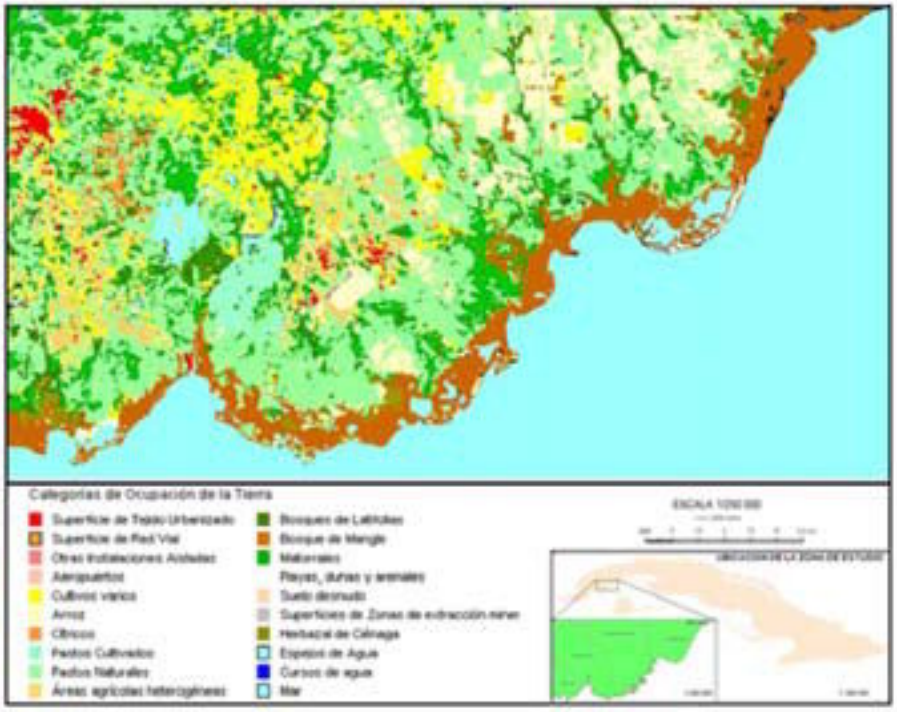


Figura 3: Mapa Temático de Ocupación del Suelo de la zona de estudio.

El mismo muestra la distribución espacial de un total de 20 clases de las 35 que conforman la Leyenda de Clases informacionales, lo que representa un 57% de las clases posibles a representar.

Las restantes 15 clases que no fueron representadas en el mapa no cuentan con suficiente superficie de cobertura para ser discriminadas o simplemente no se encuentran presentes en esta región del territorio.

La superficie total de la imagen clasificada es de 2883.25 Km², de ellos 1053.55 Km² se encuentran cubiertos por superficie marina, lo cuales pertenecen a la clase informacional "Mar" y representan el 36.5% del total de la imagen.

La superficie terrestre en la imagen cubre 1829.7 Km², lo que representa el 63.5% del área total. Las clases con mayor presencia en la superficie terrestre de la imagen resultaron: "Pasto Natural" con 664.91 Km² (36.3% del área terrestre), "Matorrales" con 282.43 (15.44%), "Arroz" con 222.61 Km² (12.17%), "Bosque de Mangle" con 171.35 Km² (9.36%) y las "Áreas agrícolas heterogéneas" con 145.52 Km² (7.95%).

Verificación de campo

Esta verificación es única para ambos mapas resultantes, o sea se realiza en una etapa posterior de manera conjunta para el mapa de ocupación y el de uso de la tierra.

El cálculo preliminar de la matriz de confusión a partir de un muestreo realizado por el método sistemático no alineado [1], con el empleo del mapa catastral como verdad terreno, ofreció una Fiabilidad Global de 84.8%.

Revisión y ajuste de las clases

Resulta un proceso lento, difícil y determinante para la calidad del mapa. De manera general las clases fueron revisadas espacialmente y comprobadas con la cartografía auxiliar. Puntualmente se verificaron y rectificaron las zonas que ofrecieron dudas entre dos o más clases de cobertura. Para esta revisión resultaron muy útiles la imágenes disponibles del Google Earth.

Transición de clases de Ocupación a clases de Uso de la Tierra

De forma paralela a la revisión de las clases de cobertura se incorpora el tipo de uso de la tierra deducido para toda la clase o específico para polígonos independientes.

De acuerdo a las leyendas, de ocupación y uso de la tierra, empleadas en este estudio (2.2.3), las categorías de ocupación de la tierra "no agrícolas" pueden tener más de un uso de la tierra (Tabla 3).

Tabla 3: Categorías de ocupación de la tierra y usos deducidos en la zona de estudio

Categorías de Ocupación de la Tierra (Por teledetección)	Uso de la tierra (por deducción)
1.1.1 Superficie de Tejido Urbanizado	20: Asentamientos Rurales
	21: Asentamientos Urbanos
1.2.3 Otras Instalaciones Aisladas	22: Superficie de instalaciones de apoyo a la producción agropecuaria y silvícola
	25: Superficie de otras instalaciones
1.3.1 Superficies de extracción minera	16: Superficie no apta para la agricultura y silvicultura
	24: Superficie de instalaciones industriales
3.1.1 Bosques de Latifolias	12: Bosques naturales
	13: Plantaciones de Bosques artificiales
3.2.1 Matorrales	11: Superficie ociosa
	12: Bosques naturales
3.3.1 Playas, dunas y arenales	16: Superficie no apta para la agricultura y silvicultura
	25: Superficie de otras instalaciones
3.3.3 Suelo desnudo	11: Superficie ociosa
	14: Superficie Deforestada
	16: Superficie no apta para la agricultura y silvicultura
5.1.1 Cursos de agua	17: Hídrica natural
	19: Canales
5.1, 2 Espejos de agua	17: Hídrica natural
	18: Embalses

Sin embargo, las categorías de ocupación y de uso de la tierra "agrícolas" coinciden en ambas leyendas, lo cual simplifica la transición ocupación-uso.

3.3.5 Edición cartográfica

La salida cartográfica impresa del mapa temático muestra el contenido temático referido a la ocupación y uso del suelo y el contenido cartográfico que incluye la base matemática del mapa (red de cuadrículas); el marco de acuerdo a la norma de representación dada para coordenadas planas; la escala de representación; el norte geográfico y la leyenda utilizada.

La salida del mapa en formato SIG está en fase de edición, tendrá como unidad mínima territorial los límites municipales y como unidad básica polígonos con la información según las leyendas de ocupación y de uso de la tierra.

CONCLUSIONES

El método de análisis multitemporal de dos imágenes satelitales Landsat 7 ETM+ combinado con la clasificación digital supervisada resultó muy efectivo para discriminar los cultivos temporales de otros usos más estables en el año, destacándose el caso de las clases informacionales Arroz y Pastos Naturales como el más significativo en el estudio, ya que la separación entre ambas clases fue muy superior con el empleo de este método.

En sentido general, la metodología propuesta es muy efectiva para la mapificación de coberturas y uso de la tierra, la misma aún se encuentra en proceso de prueba por lo que está sujeta a variaciones y mejoras.

El empleo de este método en imágenes de mayor resolución para la cartografía de mayores escalas continúa siendo objeto de estudio por los autores.

BIBLIOGRAFÍA

1] Chuvieco Salinero, E., 2002,"Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio", 2ed. España: Editorial Ariel Ciencia.
[2] Di Gregorio, A., 2005, "Sistema de Clasificación de la Cobertura de la Tierra", Roma: Publicaciones del Servicio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SDRN), Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
[3] Estrada Estrada, R., 2010, "Metodología para la sustitución de los vacíos o Gaps", Agencia de Teledetección, U.C.T. GEOCUBA Investigación y Consultoría.
[4] Ponvert-Delisles, D. R., "Informe Científico del Proyecto Ocupación Uso de la Tierra", Centro de Información de

Interpretación y cartografía de las unidades geológicas de la cuenca hidrográfica del río Luyanó con el uso de técnicas de teledetección

Mateo Rego, L.; Rodríguez, J.; Seco Hernández, R.; Pérez García, E.; Torriente Martínez, L.; Castro Castro, L.; Guerra Sosa, Y.; Batte Hernández, A.; Mantilla Ávila, A.; Tamayo Sierra, A. y A. Fernández

UCT GEOCUBA IC, Cuba, lissy@uct geocuba.ic, CP: 11300.
Facultad de Geografía, UH, Cuba

RESUMEN

La identificación, clasificación y cartografía de unidades geoecológicas son procesos difíciles y costosos, que tradicionalmente se efectúan a partir de levantamiento en campo, superposición de mapas temáticos o la combinación de ambos. En la presente investigación se estableció el procedimiento metodológico del procesamiento digital de imágenes Quickbird y el empleo de criterios visuales de interpretación en la identificación y cartografía de unidades geoecológicas en cuencas hidrográficas urbanizadas demostrando su efectividad como herramienta del análisis geoecológico. En este trabajo se identificaron, descifraron y cartografiaron las unidades geoecológicas de la cuenca hidrográfica del río Luyanó a partir del empleo de criterios visuales de interpretación y técnicas de Procesamiento digital de imágenes (PDI).Se comparó el mapa elaborado con otro o similar obtenido mediante otro método y se establecen las diferencias y complementariedades de ambos procedimientos de investigación.

Palabras Clave: Unidades geoecológicas, procesamiento digital de imágenes, interpretación, cartografía

ABSTRACT

The identification, classification and cartography of unit's geoecological are difficult and expensive processes that traditionally are made starting from rising in field, overlapping of thematic maps or the combination of both. In the present investigation the methodological procedure of the digital prosecution of images settled down Quickbird and the employment of visual approaches of interpretation in the identification and cartography of unit's geoecological in basins urbanized hydrographic demonstrating its effectiveness like tool of the analysis geoecological. In this work they were identified, they deciphered and mappings the units geoecological of the basin hydrographic of the river Luyanó starting from the employment of visual approaches of interpretation and technical of digital prosecution of images (DPI). The map was compared elaborated with other or similar obtained by means of another method and the differences and complementarities of both investigation procedures settle down.

KeyWords: Geoecological units, digital prosecution of images, interpretation, cartography

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha elevado el grado de conciencia de la gravedad de la degradación ambiental y sus implicaciones para la salud humana, lo cual ha despertado un mayor interés en las relaciones ambiente- sociedad. La geoecología del paisaje como concepción científica aplicada al desarrollo socioeconómico representa un sistema eficiente de métodos, procedimientos y técnicas de investigación que brindan conocimiento integral del medio natural y aportan elementos de base para elevar las condiciones, potenciales y recursos naturales, así como de los trabajos de optimización y protección del medio ambiente lo que se hace indispensable en la elaboración de los programas de ordenamiento ambiental y en la optimización del uso, manejo y gestión de cualquier unidad territorial (Mateo,2008).

Además la concepción de planificación del paisaje ("Landscape Planning") se usa internacionalmente como base para el ordenamiento ambiental y territorial (Diajonov, 2008), sin embargo, la identificación, cartografía y clasificación de las unidades geoecológicas es en extremo difícil y costosa. Tradicionalmente estos procedimientos se efectúan a partir de levantamiento en campo, superposición de mapas temáticos o la combinación de ambos. En esta investigación se emplearon técnicas de procesamiento digital de imágenes (PDI) y criterios visuales para interpretar y cartografiar las unidades geoecológicas de la cuenca hidrográfica del río Luyanó en Ciudad de la Habana.

OBJETIVOS

1. Establecer el procedimiento metodológico del

procesamiento digital de imágenes Quickbird y el empleo de criterios visuales de interpretación en la identificación y cartografía de unidades geoecológicas en cuencas hidrográficas urbanizadas demostrando su efectividad como herramienta del análisis geoecológico.
2. Elaborar patrones de interpretación a emplear para la identificación y cartografía de unidades geoecológicas de la cuenca hidrográfica del río Luyanó.
3. Confeccionar el mapa de unidades geoecológicas de la cuenca, sobre la base del procesamiento digital de imágenes y el empleo de criterios visuales de interpretación.

METODOLOGÍA

En este trabajo, para la identificación, interpretación, descifrado y cartografía de las unidades geoecológicas de la cuenca hidrográfica del rio Luyanó se emplearon técnicas de procesamiento digital de imágenes y criterios visuales de interpretación. El procedimiento metodológico desarrollado se esquematiza a través del siguiente flujograma:

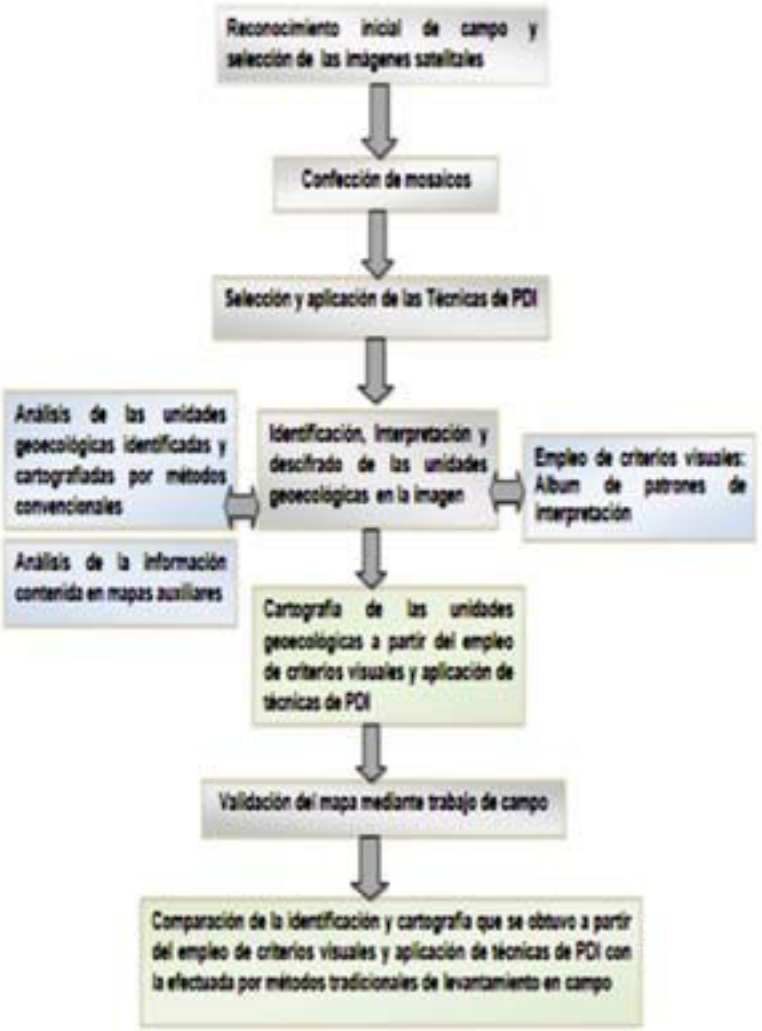


Figura 1. Flujograma de los procedimientos metodológicos

Descripción del procedimiento metodológico

En la identificación, interpretación, descifrado y cartografía de las unidades geoecológicas de la cuenca hidrográfica del rio Luyanó a escala 1: 25 000, se realizó un reconocimiento de campo inicial en el área de la cuenca y posteriormente se seleccionaron las imágenes satelitales. Fueron escogidas cuatro imágenes del satélite Quickbird en modo Pan-Sharpened obtenidas a partir de la combinación de las bandas multiespectrales con la información espacial de la banda pancromática y la composición de color natural: azul, verde y rojo, con las cuales se confeccionó un mosaico para un total cubrimiento del área de estudio. El procesamiento del mosaico digital de imágenes se realizó en el software ENVI, versión 4.5.

Para el procesamiento digital se escogieron las técnicas de restauración y el mejoramiento o realce de la imagen.

Se llevó a cabo la restauración geométrica a partir de los procesos de georreferenciación y ortorrectificación. Se emplearon 9 puntos de control extraídos del mapa cartográfico digital a escala 1:10 000 (Tabla 1), perfectamente identificables en la imagen y en el mapa, distribuidos de forma homogénea. El mosaico de imágenes quedó georreferenciado en la proyección cartográfica Cónica Conforme de Lambert, sistema de coordenadas Cuba Norte.

Tabla 1. Puntos empleados en el proceso de georreferenciación Fuente: Elaborado por la autora (1) a partir de la tabla creada en el proceso de georreferenciación.

	Map X	Map Y	Image X	Image Y	Predict X	Predict Y	Error X	Error Y	RMS
#1+	368207.00	366095.18	21942.00	1562.00	21941.641	1562.4171	-0.3584	0.4171	0.5499
#2+	359607.53	358622.67	7631.00	14017.00	7631.0049	14017.101	0.0049	0.1011	0.1012
#3+	360000.11	366473.03	8272.00	904.00	8271.3413	904.0276	-0.6587	0.0276	0.6592
#4+	363484.47	363116.30	14076.00	6518.00	14076.907	6518.0112	0.9076	0.0112	0.9076
#5+	367284.50	359197.18	20399.00	13059.00	20399.275	13059.419	0.2759	0.4196	0.5022
#6+	360210.55	363618.06	8626.00	5673.00	8626.2595	5673.3905	0.2595	0.3905	0.4689
#7+	362828.97	360950.02	12988.00	10133.00	12987.153	10132.508	-0.8466	-0.4914	0.9788
#8+	367079.17	362591.31	20061.00	7401.00	20060.377	7400.5012	-0.6230	-0.4988	0.7981
#9+	364352.78	365129.02	15521.00	3162.00	15522.038	3161.6231	1.0387	-0.3769	1.1050

Para realizar la corrección geométrica de aquellos elementos que provocan imprecisiones en las imágenes, como son: la topografia, la geometria de la cámara y los errores relacionados con el sensor se efectuó el proceso de ortorrectificación. Para esto se contó con puntos de apoyo y se generó el modelo digital a partir de las curvas de nivel del mapa topográfico digital. El resultado de la ortorrectificacion se comprobó comparando los valores de los puntos de la imagen con los del mapa y se calculó el Error Medio Cuadrático (EMC) (Tabla 2).

Tabla 2. Puntos empleados para comprobar la precisión de la ortoimagen Fuente: Elaborado por la autora (1) a partir de la plantilla para el control de la precisión de la ortoimagen en formato Excel.

	Coordenadas Medidas				Diferencia	
	Imagen		Mapa Digital			
	X	Y	X	Y	ΔX	ΔY
1	361171,558	365383,418	361171,123	365403,824	0,43	-20,41
2	362844,696	364147,149	362860,115	364147,4	-15,42	-0,25
3	366701,247	359861,603	366701,856	359861,191	-0,61	0,41
4	363500,946	359651,752	363500,7	359651,843	0,25	-0,09
5	363285,923	363434,523	363285,066	363434,482	0,86	0,04
6	360896,133	362227,999	360896,835	362227,383	-0,70	0,62
				Emc (m)		10.46

En el realce de la imagen se emplearon el mejoramiento del contraste y el destaque de bordes consistentes en la aplicación de filtros y ecualización del Histograma. El mosaico de imágenes Quickbird se trabajó con composición de color real, que se logró a partir de la proyección por el cañón azul de la banda azul, por el cañón verde la banda verde y por el cañón rojo la banda roja, se obtuvo una imagen de síntesis con colores semejantes a los reales.
Se efectuó un análisis detallado del mapa de unidades geoecológicas de la cuenca a escala 1/ 25 000 efectuado mediante técnicas tradicionales de trabajo en campo por Ramos (2007). Como método auxiliar complementario se realizó la superposición parcial sobre la imagen de los mapas: geológico, de suelo, topográfico y el modelo digital de elevación. Se consultaron doce especialistas en los temas de suelo, geología, geomorfología, vegetación, antropología, paisajes, teledetección y cartografía.
En la interpretación y descifrado de las unidades geoecológicas de primer y segundo orden se tuvieron en cuenta diferentes criterios visuales como el color, la forma, el tono, las dimensiones, la textura, el patrón, la sombra, la situación y la asociación. Con el objetivo de elevar la calidad de la clasificación en gabinete se confeccionó un álbum de patrones de interpretación para diecisiete elementos que componen las unidades geoecológicas, tanto naturales como de ocupación de la cuenca hidrográfica del río Luyanó. En el álbum se exponen el patrón y una breve descripción en relación con los criterios visuales de fotointerpretación, además de la foto realizada en el campo y la descripción del paisaje correspondiente. En la Figura 2 se muestra el ejemplo de un elemento representado en el álbum de patrones.

Figura 2. Ejemplo del elemento embalse representado en el álbum de patrones de la cuenca hidrográfica del rio Luyanó

Se trazó el límite de la cuenca a partir de las curvas de nivel digitalizadas a escala 1:25 000 y la red de drenaje completa, incluyendo las cañadas hechas según las inflexiones de las curvas. La vectorización de los elementos se efectuó sobre la ortoimagen mediante el software AutoCAD Map, estos vectores fueron exportados al software MapInfo 9.0 lo cual permitió realizar la limpieza topológica, establecer los estilos de relleno y color para cada uno de los polígonos, incorporar los atributos de la información marginal y asignar los campos alfanuméricos a los polígonos obtenidos.
Una vez delimitadas las unidades geoecológicas de primer y segundo orden, y teniendo como base el

mosaico de imágenes se confeccionó el espaciomapa, que se utilizó fundamentalmente en la descripción de la leyenda de las unidades de segundo orden.

RESULTADOS OBTENIDOS

Finalmente se obtuvo el mapa de las unidades geoecológicas de la cuenca hidrográfica superficial del río Luyanó a escala 1: 25 000, con tres unidades de primer orden o localidades y 77 unidades de segundo orden o comarcas (Figura 3).

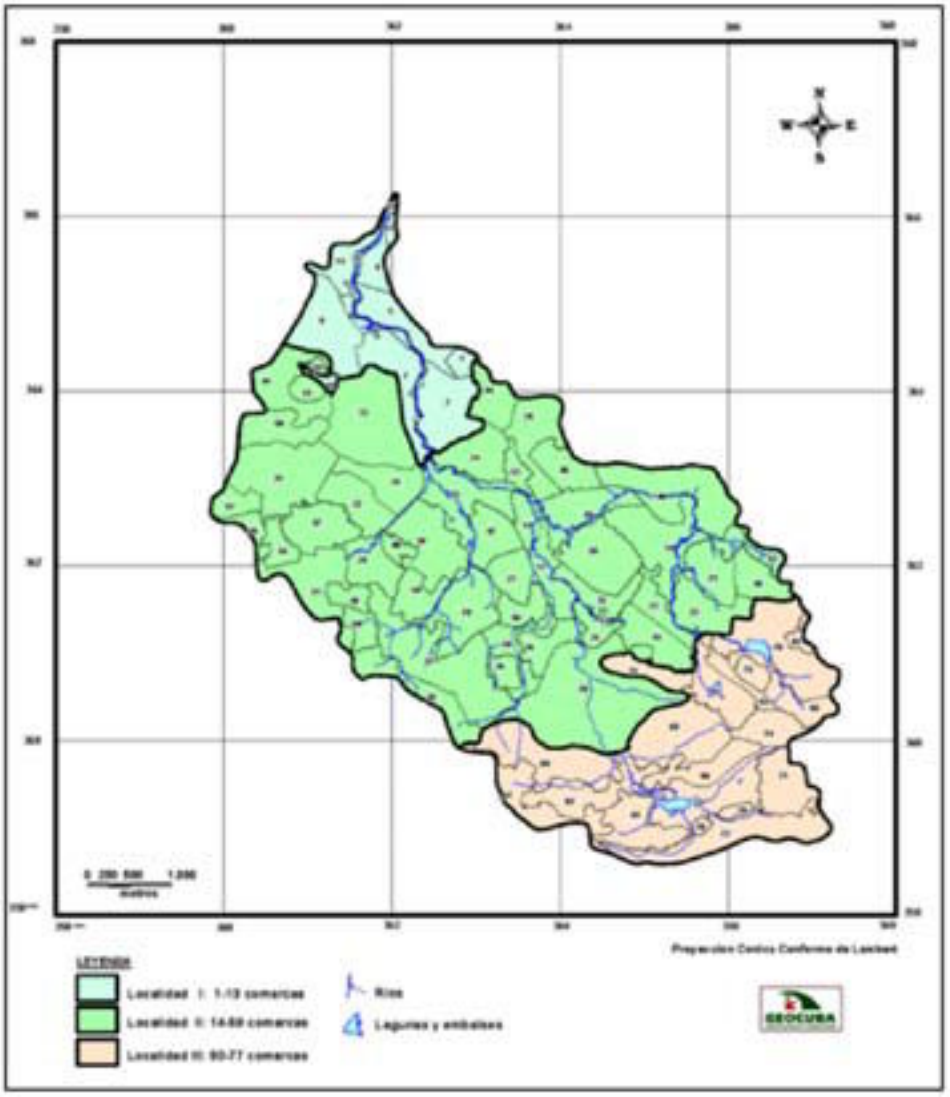


Figura 3. Mapa de unidades geoecológicas de la cuenca hidrográfica del rio Luyanó

La veracidad del mapa y el álbum de patrones fueron comprobadas mediante trabajo de campo. El mapa obtenido con las técnicas de PDI y criterios visuales de interpretación fue comparado con él realizado a partir de los procedimientos tradicionales de identificación y cartografía en condiciones de campo con tres unidades de primer orden y sesenta y cuatro unidades de segundo orden (Figura 4).

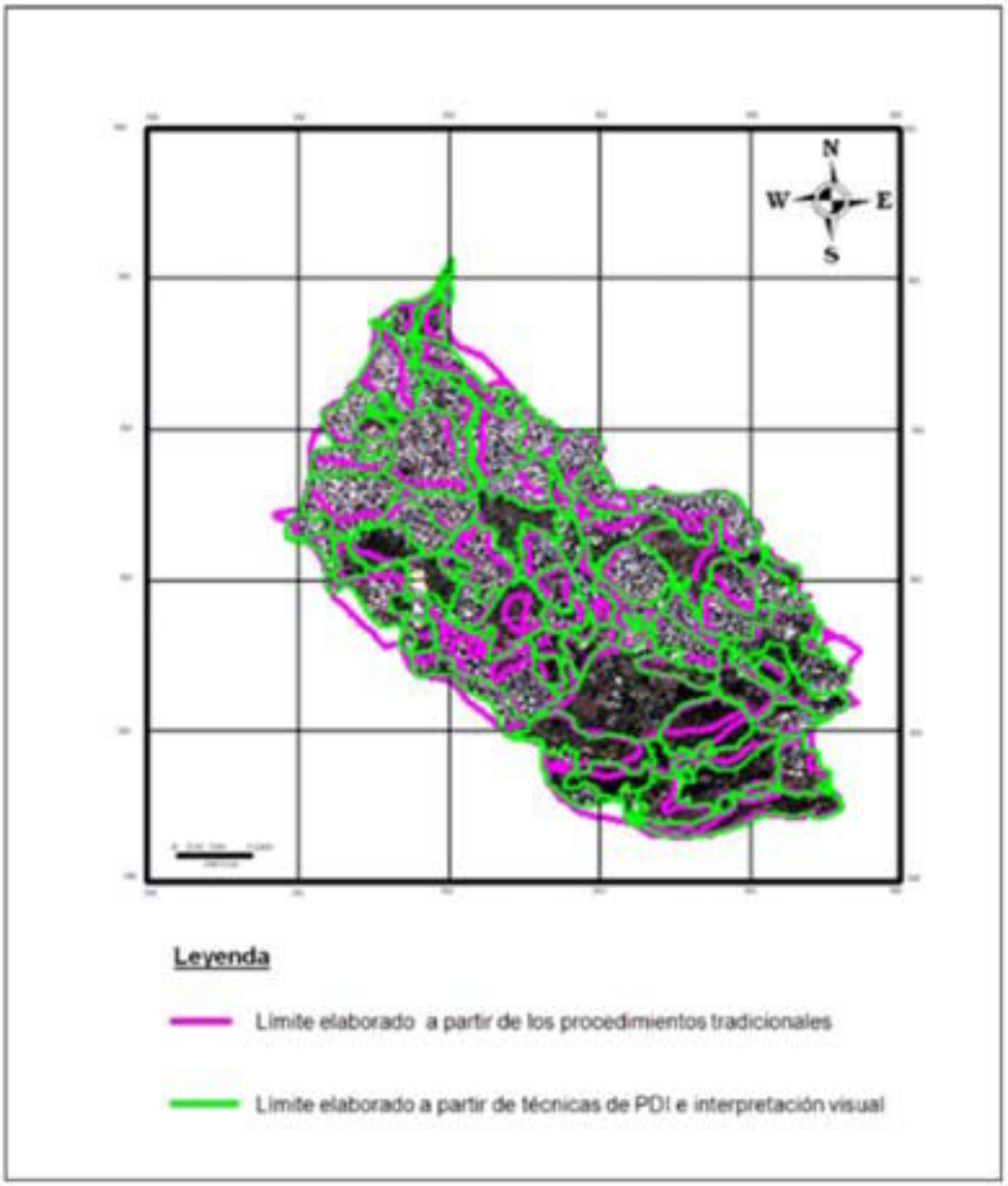


Figura 4. Límite de las unidades geoecológicas elaborado a partir de métodos diferentes

De la comparación efectuada entre ambos mapas de unidades geoecológicas de la misma zona y con la misma escala, pero a partir de diferentes métodos se obtuvieron los siguientes resultados:

1. El análisis visual de imágenes en el monitor de la computadora, junto con el uso de técnicas de PDI, permitió obtener una visión sinóptica del área de estudio, esto facilitó apreciar y estudiar objetos ubicados en lugares de difícil acceso.
2. Observar la Tierra desde el espacio, ofrece una visión integral y panorámica de las áreas de estudio, lo que posibilitó efectuar estudios de lo general (el área completa de la cuenca) a lo particular, que en este caso lo constituyeron las unidades geoecológicas de primer orden (localidades) y segundo orden (comarcas).
3. El empleo de criterios visuales de interpretación como el tono, el color, el tamaño, el patrón, la forma, etc., aumentó la precisión de la cartografía lo que influyó en la calidad del mapa, de forma tal que se logró un mayor nivel de detalle en la determinación de las unidades geoecológicas de segundo orden (comarcas), así como un mejor ajuste en los límites

de las mismas.
4. Para la interpretación y cartografía a partir de técnicas de levantamiento en campo fueron necesarias 15 jornadas de campo de seis horas (90 horas en total) y 380 horas de trabajo en gabinete para un total de 470 horas, mientras que con el empleo de técnicas de PDI y el análisis visual de las imágenes en el monitor fueron necesarias 12 horas de trabajo de campo y 190 de trabajo en gabinete para un total de 297 horas.

CONCLUSIONES

1. En este trabajo quedó establecido un procedimiento metodológico para la identificación, interpretación, descifrado y la cartografía de unidades geoecológicas a partir de técnicas de PDI y el análisis visual de imágenes de satélite en cuencas hidrográficas urbanizadas lo cual constituye una importante herramienta para el análisis de los sistemas ambientales desde un enfoque geoecológico.
2. A partir de la aplicación de criterios visuales de interpretación y técnicas de PDI y complementado por un análisis previo realizado con métodos convencionales, el análisis de mapas auxiliares y el trabajo de campo, se identificaron, interpretaron, clasificaron y cartografiaron tres unidades geoecológicas de primer orden y setenta y siete unidades geoecológicas de segundo orden.
3. De la comparación efectuada entre el mapa de unidades geoecológicas elaborado a partir análisis visual de la imagen, complementado con técnicas de PDI y el elaborado a partir de los procedimientos tradicionales de identificación y cartografía de las unidades en condiciones de campo, se dedujo que los procedimientos de teledetección aportan un mayor rigor tecnológico, complementan y optimizan el procedimiento tradicional, aunque no lo sustituyen.

BIBLIOGRAFÍA

1. Diajonov, k.I., Mamai.I. (2008) La Escuela Geográfica Paisajística, en: Kasimov, N.S.- (redactor principal).- Las Escuelas Científicas Geográficas de la Universidad de Moscú, (en ruso); Casa Editorial Gorodiets, Moscú, pp. 324 – 386.
2. Mateo, J. (2008): Planificación Ambiental, Editorial Félix Varela, La Habana, 166 pp.
3. Ramos, F. (2007): unidades geoecológicas de la cuenca hidrográfica del río Luyanó, Trabajo de Diploma, Facultad de Geografía, Universidad de la Habana, La Habana, Cuba, 83pp. (Inédito).

Sistema de información geoespacial para la gestión del riesgo de desastres por la defensa civil nacional

Rodríguez Hernández, R. (1); Correa Cobas, R.; (1), Espín Buiría, Y. (1) y J. Granda Pérez (2)

1. GEOCUBA Investigación y Consultoría, silvior@uct.geocuba.cu, cobas@uct.geocuba.cu, yespin@uct.geocuba.cu, Loma y 39, Nuevo Vedado, Plaza de la Revolución, La Habana, Cuba.
2. Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil, granda@dcn.co.cu, Carretera del Asilo Final, Loma de Casablanca, Regla, La Habana, Cuba

RESUMEN

Con el desarrollo alcanzado por los sistemas de información geoespacial o geográfica (SIG) en Cuba en la gestión para la reducción del riesgo a desastres, se ha venido implementado en el Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil diferentes aplicaciones de este tipo con fines específicos: Enfrentamiento de fenómenos meteorológicos adversos, Control de las presas y embalses de Cuba y Manejo de cartografía digital básica del territorio nacional y del Caribe. Por lo que teniendo en cuenta los nuevos requerimientos para la planificación, organización y preparación de país para situaciones de desastres, establecidos mediante la Directiva No.1/2005 del Vicepresidente del Consejo de Defensa Nacional, fue necesario desarrollar una nueva aplicación de sistema de información geoespacial que además incluyera las anteriores, así como, una herramienta para la modelación de diferentes tipos de peligros sobre el territorio nacional; como ciclones, escape de sustancias peligrosas, incendios forestales, peligros sanitarios; con vista a la determinación de vulnerabilidades y al aumento de la efectividad de la toma de decisiones durante la gestión de riesgos de desastres.

Palabras Clave: SIG, Riesgo, Desastre

ABSTRACT

With the development of the geographical information systems (GIS) in Cuba for disasters risk reduction management, has been implemented at National Civil Defense different application of these kind with specifically objectives: Confrontation of extreme weather events, Control of dams and reservoirs of Cuba y Management of digital basic cartography of national territory and the Caribbean. Keeping in mind the new requirements for the planning, organization and country preparation for disasters situations, established by means of the Directive No.1/2005 of the Vice-president of the Council of National Defense, was necessary developed a new application of geographical information system, that it also included the previous ones, as well as, a tool for the modeling of different kinds of hazards over national territory; as hurricanes, escape of dangerous substances, forest fires, sanitary dangers; for vulnerability determination and to improve the take decision for disasters risk reduction management.

KeyWords: GIS, Risk, Disaster

INTRODUCCIÓN

El Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil (EMNDC) es el órgano principal de dirección y de control del Sistema de medidas de Defensa Civil en Cuba [1]. Por lo que la gestión del riesgo ante los peligros de desastres está entre sus funciones principales.

El riesgo de desastre no es más que las pérdidas esperadas, causadas por uno o varios peligros particulares que inciden simultánea o concatenadamente sobre uno o más elementos vulnerables en un tiempo, lugar y condiciones determinados[1].

Un peligro de desastre es un probable evento extremo, de origen natural o tecnológico, particularmente nocivo, que puede producirse en un momento y lugar determinado y que con una magnitud, intensidad, frecuencia y duración dada, puede afectar desfavorablemente la vida humana, la economía o las actividades de la sociedad al extremo de provocar un desastre [1].

Los peligros de desastres que potencialmente pueden afectar a nuestro país han sido clasificados atendiendo a su origen y por la posibilidad de sus pronósticos, en naturales, tecnológicos y sanitarios [2]:

-Naturales: ciclones tropicales, intensas lluvias, tormentas locales severas, penetraciones del mar, deslizamientos de tierra, sismos, intensas sequías e incendios en áreas rurales.

-Tecnológicos: accidentes catastróficos del transporte (marítimo, aéreo y terrestre), accidentes con sustancias peligrosas, explosiones de gran magnitud, derrames de hidrocarburos, incendios de grandes proporciones en instalaciones industriales y

edificaciones sociales, derrumbes de edificaciones, ruptura de obras hidráulicas.
-Sanitarios: enfermedades que pueden originar epidemias, epizootias, epifitas y plagas cuarentenarias.
El empleo de las tecnologías de sistemas de información geoespacial o geográfica (SIG) para lo toma de decisiones en las condiciones actuales ha sido una necesidad en el EMNDC [3]-[4]-[5], por lo que desde el año 1998 hasta la fecha se han venido implementándose diferentes tipos aplicaciones con bases cartográficas digitales (BCD) comunes para:
-Enfrentamiento de fenómenos meteorológicos adversos.
-Control de las presas y embalses de Cuba.
-Manejo de cartografía digital básica del territorio nacional y del Caribe.
El SIG para el enfrentamiento de fenómenos meteorológicos adversos [5] se implementó durante los años 1998-1999 y está compuesto por las siguientes BCD y aplicaciones:
-Mapa topográfico digital a escala 1:250 000 República de Cuba (relieve, hidrografía, vegetación, viales, planimetría).
-Mapa digital de Centroamérica y el Caribe a escala 1:10.000.000.
-Mapas planimétricos de capitales provinciales a escala 1:25.000 (manzanas, calles, hidrografía, planimetría).
-Aplicación en MapBasic con facilidades de manejo.
Por todo lo anterior, fue necesario desarrollar una nueva aplicación de SIG en el EMNDC a partir de los sistemas implementados anteriormente, incorporándole nuevos elementos en interés de la reducción de riesgos y el manejo de desastres según la Directiva No.1/05 del Vicepresidente del Consejo de Defensa Nacional [2]-[6].

CONTENIDO

Durante la realización de este trabajo se desarrollaron dos tareas principales:
-Diseño, creación y actualización de las bases de datos geoespaciales del SIG.
-Personalización de la aplicación y desarrollo de una herramienta para la modelación de diferentes tipos de peligros de desastres.

Diseño, creación y actualización de las bases de datos geoespaciales del SIG

Teniendo en cuenta los sistemas implementados anteriormente y los nuevos requerimientos para la gestión en la reducción de riesgos de desastres según la Directiva 1/2005 se diseñaron las bases de datos geoespaciales de este nuevo SIG.
Se realizó una revisión detallada de todas las bases cartográficas digitales (BCD) y sus bases de datos asociadas. Según el diseño del nuevo sistema se realizó la unificación de las BCD y aplicaciones originales. Se definieron los cambios de escalas necesarios, principalmente la sustitución de la BCD a escala 1:250.000 de la República de Cuba por la BCD a escala 1:100.000 y la incorporación del modelo digital del terreno (MDT) a esa misma escala, creando así la base de datos geoespaciales fundamentales del nuevo SIG (Tabla 1).

Tabla 1: Datos geoespaciales fundamentales

Temática	Contenido	Tipo de objeto (topología)
Ejes Viales	Autopista, Carretera I Orden, Carretera II Orden, Terraplén Mejorado, Terraplén no mejorado, Camino, Sendero.	Lineal
Hidrografía	Según Directiva 1/05: Principales embalses, ríos, canales, conductoras de agua, estaciones de bombeo y plantas potabilizadoras.	Areal, Lineal, Puntual
Vegetación	Bosques, malezas, cultivos	Areal
División política administrativa	Según Directiva 1/05: límites territoriales (provincia, municipio)	Areal
Asentamientos Poblacionales	Según Directiva 1/05: límites territoriales (urbanos y rurales)	Areal
Modelo digital del terreno (MDT)	Modelo en formato Vertical Mapper para MapInfo.	Raster

Se crearon las bases de datos geoespaciales generales a nivel provincial, georreferenciadas a cada una de las provincias. Estas bases de datos son las siguientes
:- Datos generales de población.
- Fondo habitacional.
- Situación de los embalses.
- Planes de evacuación y movilización.
Como uno de los componentes principales, se incorporó al nuevo sistema, una base de datos geoespaciales de instalaciones socioeconómicas con la información establecida en la Directiva No.1/2005, uno de los elementos fundamentales para la determinación de vulnerabilidades al combinarse con otros datos geoespaciales.

Datos generales de población
Los datos generales de población (Figura 1) brindan la información estadística esencial al respecto de cada provincia, que puede ser empelada ante cualquier tipo de situación. Los datos de población son aportados por la Oficina Nacional de Estadísticas (ONE). Estos datos son los siguientes:
- Área de la provincia en Km2.
- Porciento de la población con respecto al área del país.
- Cantidad de población.
- Porciento de la población con respecto a la población del país
- Densidad de población en Km2.

Figura 1. Visualización geoespacial de los datos generales de población

Fondo habitacional
Los datos del fondo habitacional brindan información general sobre las características del las viviendas por provincias (Figuras 2 y 3). Dichos datos son aportados por el Instituto Nacional de la Vivienda (INV). Estos son los siguientes:
- Total de viviendas de la provincia.
- Total de viviendas en buen estado y su porcentaje.
- Total de viviendas en estado regular y su porcentaje.
- Total de viviendas en mal estado y su porcentaje.
- Total de viviendas de tipología 1.
- Cantidad de viviendas de tipología 1 en estado regular.
- Cantidad de viviendas de tipología 1 en mal estado.
- Total de viviendas de tipología 2.
- Cantidad de viviendas de tipología 2 en estado regular.
- Cantidad de viviendas de tipología 2 en mal estado.
- Total de viviendas de tipología 3.
- Cantidad de viviendas de tipología 3 en estado regular.
- Cantidad de viviendas de tipología 3 en mal estado.
- Total de viviendas tipología 4.
- Cantidad de viviendas de tipología 4 en estado regular.
- Cantidad de viviendas de tipología 4 en mal estado.

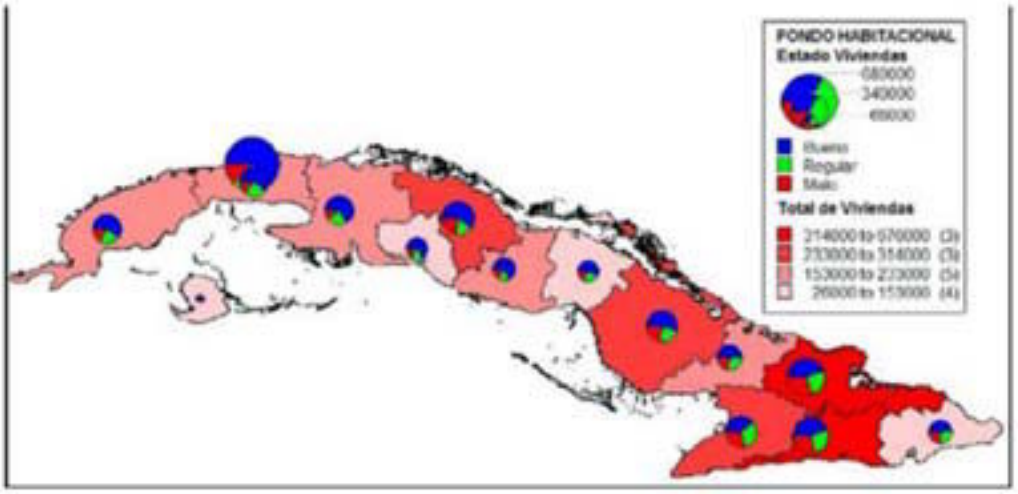


Figura 2: Visualización geoespacial del estado de la vivienda obtenido a partir de los datos de fondo habitacional

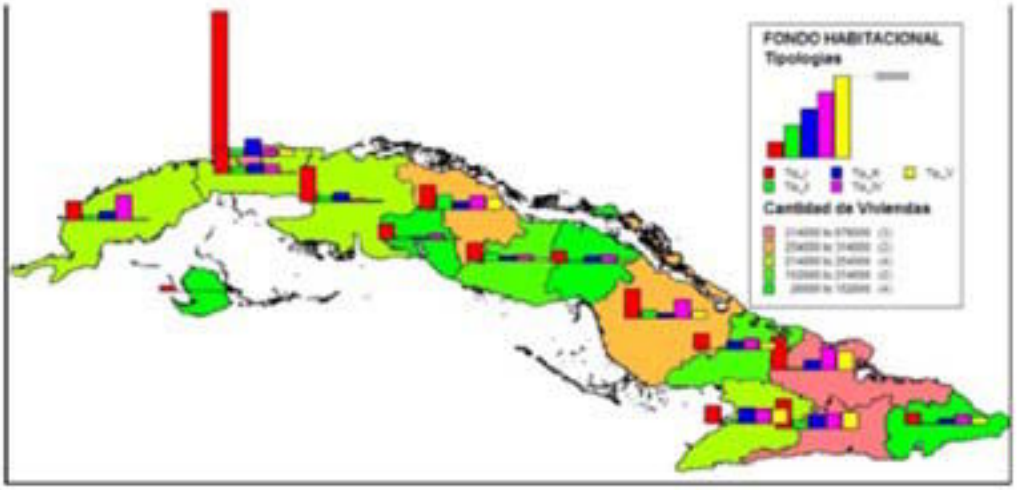


Figura 3: Visualización geoespacial de la tipología de la vivienda a partir de los datos de fondo habitacional

Situación de los embalses

La situación de todos los embalses del país (Figura 4) a nivel provincial se mantiene constantemente actualizada con datos provenientes del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH). Estos datos son los siguientes:

- Volúmenes normal y actual de agua en m3 de todos los embalses de la provincia.
- Volumen normal de agua retenible en m3 de los embalses de la provincia.
- Porciento de llenado de los embalses de la provincia

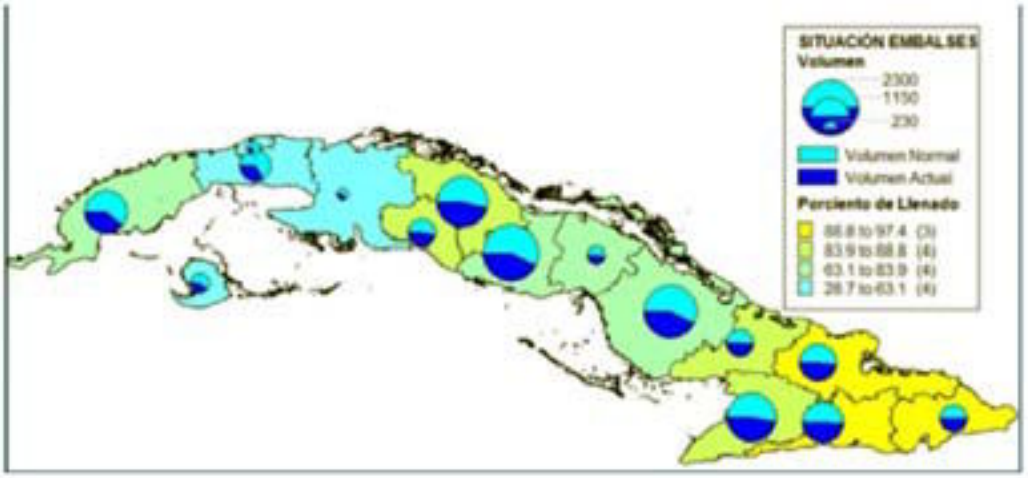


Figura 4. Visualización geoespacial de la situación de los embalses

Planes de evacuación y movilización

Estos planes se requieren a nivel nacional por provincias y se ponen en funcionamiento ante cualquier tipo de peligro de desastre.

El plan de Evacuación de la Población (Figura 5) tiene la tiene la siguiente información:

-Total de población a evacuar.

- Total de población a albergar. De ello, cuales en casas de vecinos.
- Cantidad de niños de 0 a 2 años a evacuar.
- Total de población a transportar. De ello, porciento a transportar con respecto a la evacuada.
- Cantidad de escolares albergados. De ello, cuales en casas de vecinos.
- Cantidad de trabajadores que se evacuan.
- Cantidades de turistas extranjeros y cubanos que se evacuan.
- Cantidad de turistas extranjeros que se evacuan hacia otras provincias.

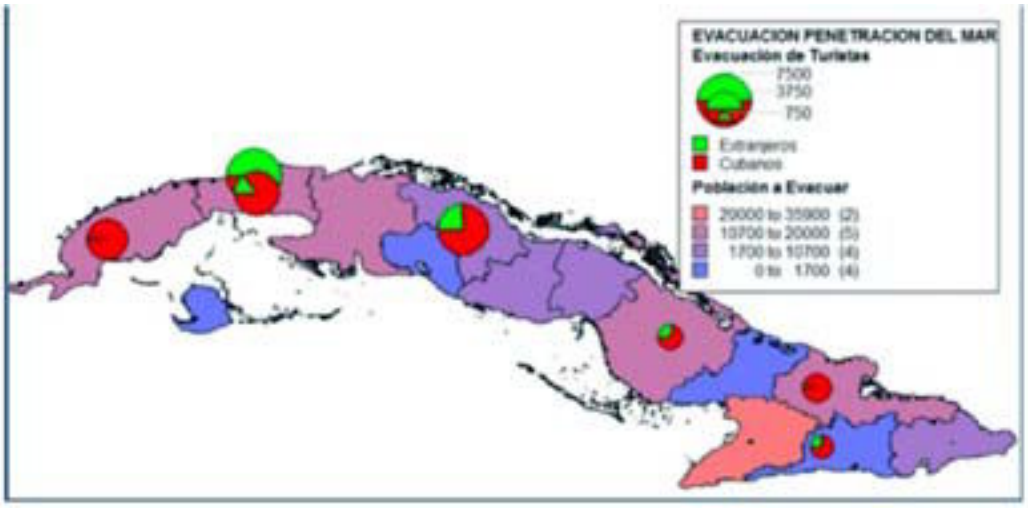


Figura 5. Visualización geoespacial de la evacuación de población y turistas a partir del plan de evacuación

Para el caso del Plan de Movilización (Figura 6, 7 y 8) ante cualquier tipo de peligro de desastres, se prepara la siguiente información:
- Total de personal a movilizar en todas las fases.
- Cantidad de personal a movilizar por cada fase (Informativa, Alerta, Alarma).- Cantidad de órganos de dirección a movilizar en todas las fases.
- Cantidad de órganos de dirección a movilizar por cada fase (Informativa, Alerta, Alarma).
- Cantidad de personal para la protección de la población a movilizar en todas las fases
- Cantidad de personal para la protección de la población a movilizar por cada la fase (Informativa, Alerta, Alarma).
- Cantidad de personal para la protección de la economía a movilizar en todas las fases.
- Cantidad de personal para la protección de la economía a movilizar por cada fase (Informativa, Alerta, Alarma).
- Cantidad de transporte a movilizar en todas las fases.
- Cantidad de transporte a movilizar por cada fase (Informativa, Alerta, Alarma).

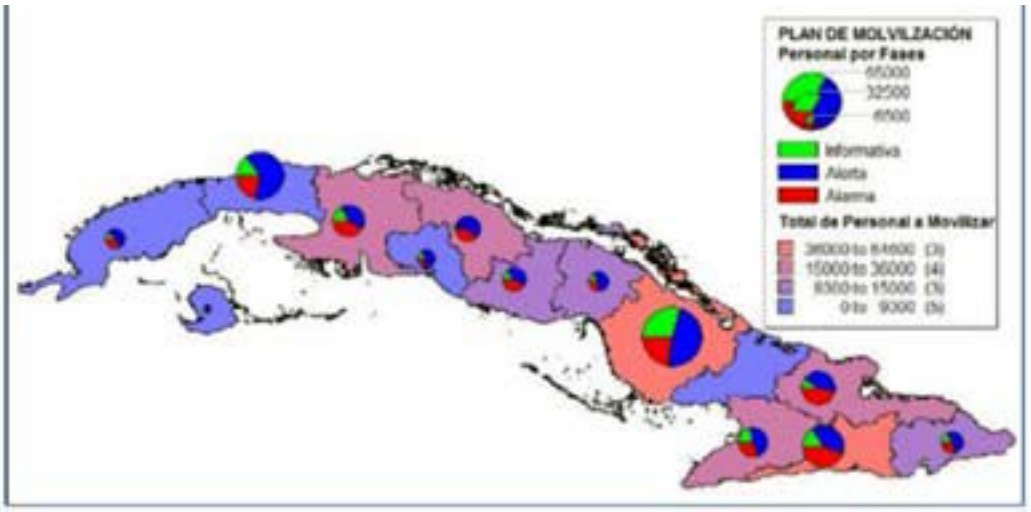


Figura 6. Visualización geoespacial del plan de movilización

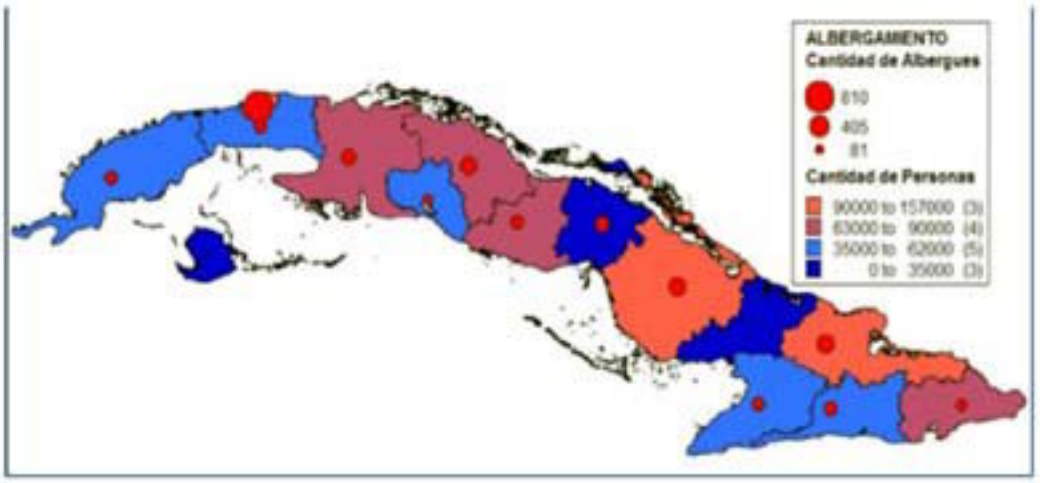


Figura 7. Visualización geoespacial del albergamiento a partir del plan de movilización

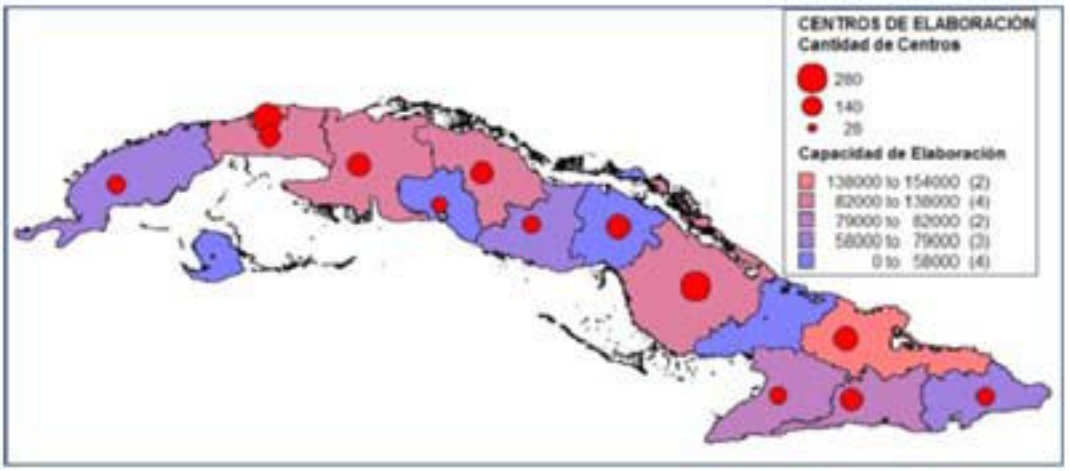


Figura 8. Visualización geoespacial de los centros de elaboración a partir plan de movilización

Instalaciones socioeconómicas

Las instalaciones socioeconómicas son uno de los objetivos más importantes a proteger y por lo tanto a determinar sus vulnerabilidades ante los diferentes tipos de peligro de desastres, según se detalla en la Directiva No.1/05 del Vicepresidente del Consejo de Defensa Nacional [2]-[6]:

- Centros de evacuación (escuelas, centros de trabajo, etc).
- Objetivos Agropecuarios.
- Grandes almacenes (Alimentos, Medicamentos, Combustible, Turismo, etc.)
- Instituciones de Salud (Consultorios, Policlínicos, Hospitales, otros).
- Polos Turísticos
- Grupo electrógenos.
- Radares y Estaciones Meteorológicas.
- Puertos y aeropuertos.
- Faros y Señales marítimas.
- Principales centrales de comunicación de ETECSA.
- Generadores Eólicos.

En este SIG estas instalaciones se representan como elementos puntuales y cuentan con los siguientes datos alfanuméricos:

- Nombre de la Instalación.
- Dirección.
- Teléfono.
- Consejo Popular.
- Circunscripción.
- Municipio.
- Provincia.
- Entidad a que pertenece.
- Organismo al que pertenece.
- Temática (Salud, Educación, Cultura, Deporte, Turismo, Comunicaciones, Generación eléctrica, Industrias, Talleres, Almacenes, Agropecuaria, Minería, Otras Instalaciones)
- Mediante este SIG, dichas instalaciones socioeconómicas pueden combinarse con otros datos geoespaciales para determinar vulnerabilidades, como con el área de inundación ante ciclones tropicales, obtenida mediante los estudios de peligro, riesgo y vulnerabilidad. Determinado así que instalaciones serian vulnerables a inundaciones por penetración del mar ante ciclones tropicales (Figura 9).

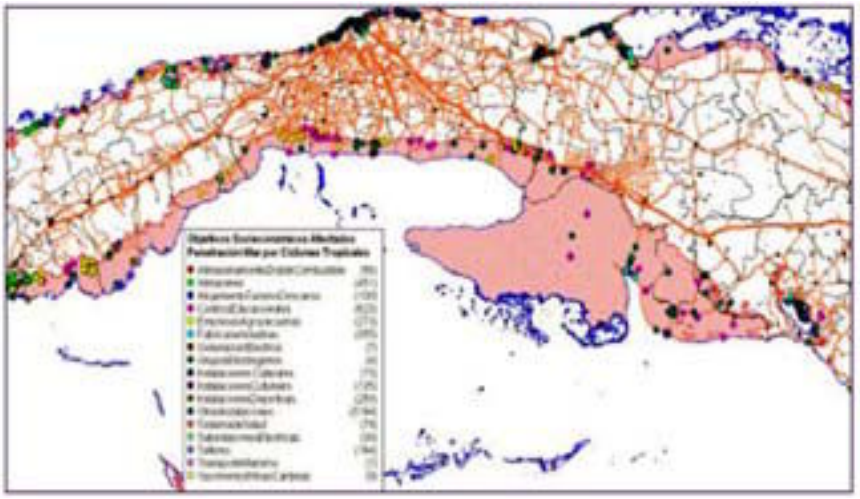


Figura 9. Instalaciones socioeconómicas vulnerables a la penetración del mar por ciclones tropicales

Presas y áreas de inundación ante la ruptura de las mismas

También forman parte de este nuevo sistema las presas y áreas de inundación por ruptura de las mismas, obtenidas del SIG para el control de las presas y embalses, implementado anteriormente en el EMNDC.

Estos elementos geográficos se pueden combinar con otros datos geoespaciales para determinar vulnerabilidades, como con las instalaciones socioeconómicas. Determinando así cuales serian vulnerables a las inundaciones ante una ruptura de la cortina de la presa (Figura 10).

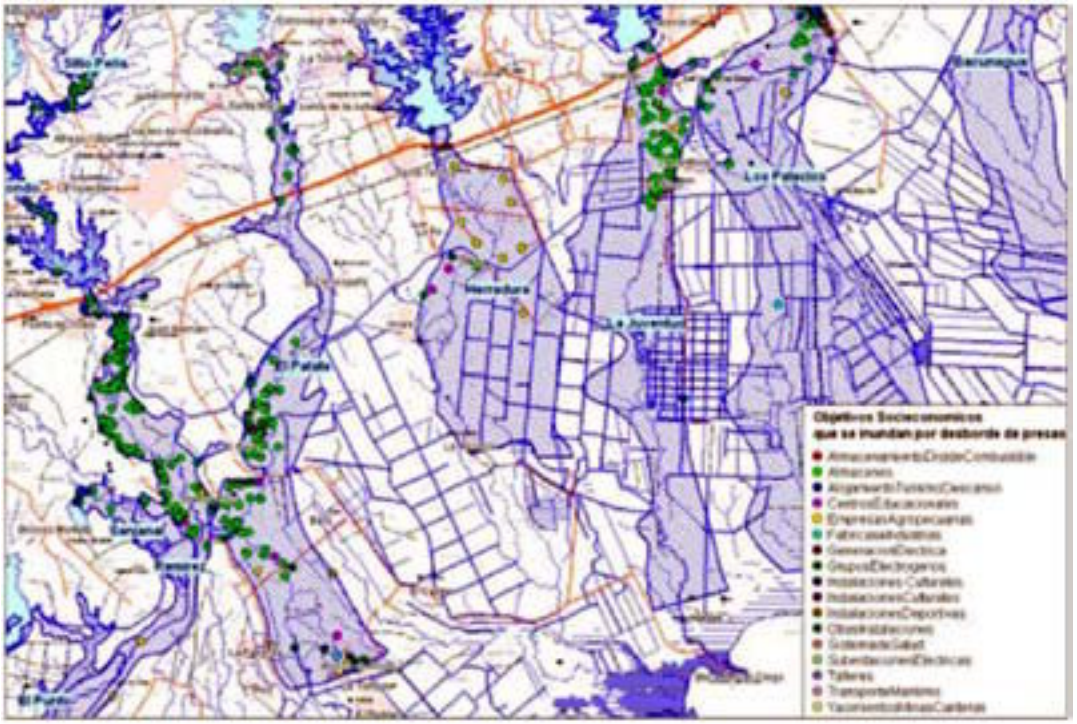


Figura 10. Instalaciones socioeconómicas vulnerables a inundación por ruptura de presas

Personalización de la aplicación y desarrollo de una herramienta para la modelación de diferentes tipos de peligros de desastres

Como parte de la personalización del SIG (Figuras 11 y 12) se desarrolló una nueva herramienta para la modelación de diferentes tipos de peligros sobre el territorio nacional, principalmente los que se pueden representar puntualmente, como ciclones tropicales, escape de sustancias peligrosas, peligros sanitarios, incendios forestales, etc.

Figura 11. Vista general de sistema personalizado

En nuestro caso lo más común son los ciclones tropicales, con sus tres efectos destructivos (viento, lluvia y penetraciones del mar) y posible afectación a los territorios amenazados.
Ciclón tropical, es un término genérico para designar a los sistemas meteorológicos de bajas presiones que se forman sobre las aguas tropicales o subtropicales, en una escala grande, con áreas organizadas de lluvias y una circulación ciclónica del viento definida en la superficie [7]. Se incluyen dentro del término ciclón tropical a los estadios de depresión tropical, tormenta tropical y huracán. Según la velocidad de los vientos se clasifica en: "depresión tropical", cuando sus vientos máximos constantes alcanzan los 62 Km/h; "tormenta tropical" cuando sus vientos máximos sostenidos se encuentran entre 63 y 118 Km/h y "huracán" cuando sus vientos máximos sostenidos exceden los 118 Km/h [1].
La aplicación para la modelación de los peligros de desastres (Figura 12), se desarrolló con el objetivo de apoyar la toma de decisiones durante el trabajo operativo del Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil, facilitando la gestión de la gran cantidad de datos presentes en el sistema y las diferentes búsquedas geográficas a aquellos usuarios no especialistas en el tema de Sistemas de Información Geográfica.

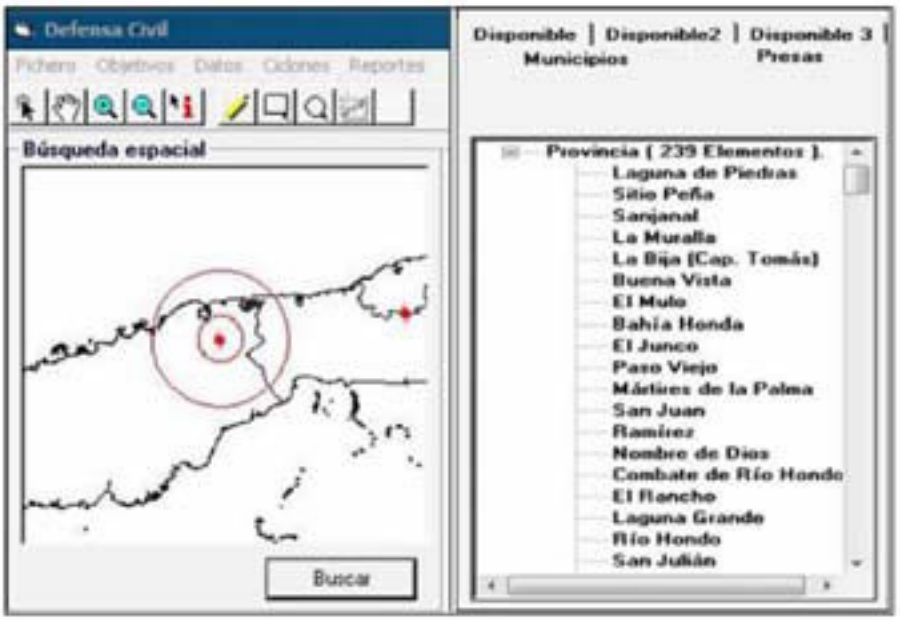


Figura 12. Menú de Herramientas, ventana de búsqueda y ventana de capas por elementos

Esta aplicación se realizó en Visual Basic 6 utilizando la técnica de mapificación integrada la cual permite hacer una personalización de alto nivel usando MapInfo como un servidor de mapas a la aplicación realizada en Visual Basic. Sus requerimientos de hardware son exactamente los mismos que para el uso de MapInfo, aunque se recomienda un procesador P4 con 512 MB de RAM y un Disco Duro de 80 GB.
Esta aplicación posee las funciones básicas de selección, información, acercamiento y alejamiento, cálculo de distancia, calculo de rumbo azimut, selecciones rectangulares, selecciones radiales, búsqueda por filtros espaciales (Figura 13) y las siguientes funciones específicas:
- Realizar búsquedas rápidas de elementos muy marcados, tales como Municipios, Presas; es posible filtrar mapas por objetos socioeconómicos de gran sensibilidad en el manejo de riesgos a desastres como son toda la Infraestructura de Salud Pública, Presas, Centros Educacionales, Grupos Electrógenos, Medios de Comunicación de manera que puedan manipularse como sistemas de información geográficos independientes por cada temática.
- Trabajar con la información de los ciclones tropicales; trazar la trayectoria de los mismos partiendo de la información emitida por el Instituto de Meteorología, permitiendo estudiar cómo evitar en futuros eventos las afectaciones que dejó a su paso.
- Modelar la ocurrencia de diferentes tipos de peligros sobre el territorio nacional, como ciclones tropicales (Figuras 14 y 15), escape de sustancias peligrosas, peligros sanitarios, incendios forestales; con el objetivo de prever las acciones a tomar partiendo de la información brindada por los Especialistas de la Defensa Civil, lo cual se soporta en un área o "buffer" que describe la posición, cobertura de una zona posible a afectarse; o lo que es lo mismo determinar vulnerabilidades.
- Realizar reportes basados en mapas temáticos sobre la información estadística presente en los datos ligados a las instalaciones socioeconómicas, municipios y otros.

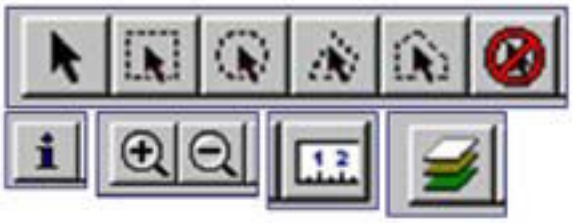


Figura 13. Principales funciones básicas de la aplicación

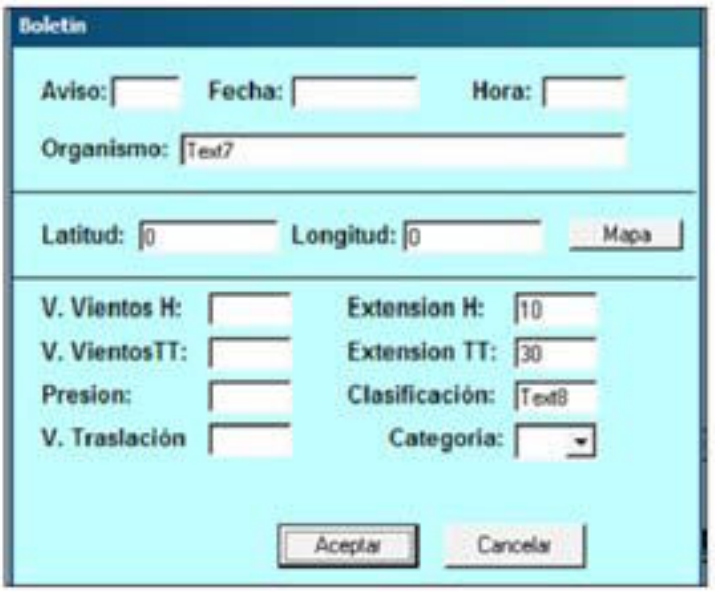


Figura 14. Detalles de las ventanas para la entrada de los datos reales de los ciclones y para la modelación

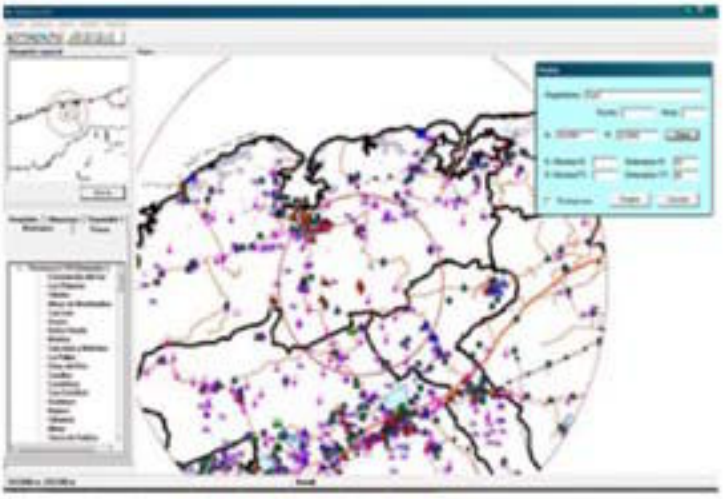


Figura 15. Modelación de ciclones y alcance de los vientos

CONCLUSIONES

El nuevo sistema de información geoespacial implementado en el Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil garantiza los requerimientos para la planificación, organización y preparación de país para situaciones de desastres, establecidos mediante la Directiva No.1/2005 del Vicepresidente del Consejo de Defensa Nacional.

Con el mismo se logra una mayor efectividad en el trabajo que se venía realizando con estos sistemas, al contar con una herramienta para la modelación de diferentes tipos de peligros sobre el territorio nacional, como ciclones, escape de sustancias peligrosas, peligros sanitarios, incendios forestales; en apoyo a la toma de decisiones durante la gestión de riesgos de desastres.

Este nuevo sistema permite determinar vulnerabilidades de diferentes elementos ante determinados peligros de desastres.

BIBLIOGRÁFÍA

Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil, 2002. “Glosario de términos de Defensa Civil”, Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil. La Habana, Cuba

Consejo de Defensa Nacional de la República de Cuba, 2005. “Directiva No.1 del Vicepresidente del Consejo de Defensa Nacional para la planificación, organización y preparación de país para situaciones de desastres”. La Habana, Cuba

Rodríguez Hernández, S., 2007. “Los Sistemas de Información Geográfica y su empleo en la gestión para la reducción de riesgos y prevención de desastres”. CD Rom Informática 2007, La Habana, Cuba

Rodríguez Hernández, S., 2008. “The geographic information systems and their use in the management for disasters risks reduction in Cuba”. Proceedings URISA's 4th Caribbean GIS Conference, Grand Cayman, Cayman Islands

Rodríguez Hernández, S., 2000. “Empleo de un Sistema de Información Geográfica para el enfrentamiento de fenómenos meteorológicos adversos”. CD Rom Informática 2000, La Habana, Cuba

Rodríguez Hernández, S., 2008. “MET 30-09:2008. Metodología general para la implementación del Sistema de Información Ggeográfica de los Centros de Gestión para la Reducción del Riesgo”. GEOCUBA, La Habana, Cuba

Rubiera, J., 2008. “Los ciclones tropicales”, Asamblea Nacional del Poder Popular, Comisión de Energía y Medio Ambiente, La Habana, Cuba.

Cobertura vegetal en Pinar del Río, un prototipo de servicio de información geográfico por internet

Dayamit Ojeda Martínez

Departamento de Teledetección y Cartografía Temática
Centro de Investigaciones GEOCUBA IC
dayamit@uct.geocuba.cu, ojeda25955@itc.nl

RESUMEN

La conservación de los recursos naturales constituye una tarea importante. Los Sistemas de Información Geográfica [SIG] de escritorio son comúnmente usados en Cuba para este fin y para otras tareas; no obstante estos son cerrados, dependen de una plataforma y de una aplicación y por tanto no son interoperables con otras aplicaciones. Por otro lado los SIG por internet son una investigación apasionante y una aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (QGIS, 2010), y representan un importante avance ante los SIG de escritorio tradicionales. (Peng y Tsou, 2003). En este trabajo se desarrolló un prototipo de SIG por internet basado en el empleo de software libre como son Postgres SQL, Map Server, QGIS, con los cuales se implementa un modelo que simula la distribución de la vegetación por áreas forestales para predecir áreas y especies en peligro potencial ante incendios forestales y elabora una evaluación ambiental entre otros análisis.

ABSTRACT

The conservation of the natural resources is an important task. Geographic Information Systems [GIS] Desktop Applications are commonly used in many countries aimed to natural resource management and also for another application. On the other hand these kinds of applications are closed, platform dependent and application dependent, and so they might not be interoperable with other applications. Internet Geographic Information Systems [Internet GIS] is an exciting research and application in Geographic Information System (QGIS, 2010), and represents an important advancement over the traditional desktop GIS. (Peng & Tsou, 2003). This work developed a prototype of Internet GIS, based on open software like Postgre SQL, Map Server and QGIS those which implemented a model that shows us: vegetation types and their spatial unit within each forest area, it can predict areas with high potential endangered species and forest fire, elaborate environmental assessment, produce reports on environmental sustainability and an unlimited number of analysis related to vegetation cover.

INTRODUCCIÓN

La provincia de Pinar del Rio se encuentra en la parte occidental de Cuba. Esta contiene uno de los tres principales macizos montañosos del país, la Cordillera de Guaniguanico. Esta provincia cuenta con un paisaje caracterizado por empinadas colinas de piedra caliza llamadas mogotes, valles y llanuras fértiles. Tiene además, el 11% de las cuencas hidrográficas del país y cuenta con suelos ferralíticos arenosos. La temperatura media es de 25,3o C. La provincia disfruta de dos reservas de la biosfera, una en la Sierra del Rosario llamada Parque Nacional Viñales que es además Patrimonio de la Humanidad y en Guanahacabibes llamada Área Protegida Mil Cumbres.

Es importante tener en cuenta que de acuerdo a las características del tipo de suelo, el clima y la hidrografía, se produce un determinado tipo de vegetación. La infraestructura tecnológica de la provincia para el sector forestal se concentra en siete organizaciones forestales integradas. Estas son las responsables de la producción, la reforestación y la protección de la vegetación. Cada organización es responsable de cuidar la vegetación en uno o más municipios de la provincia. Las organizaciones también tienen puntos de emergencia ubicados en las principales zonas pobladas. En caso de peligro se accede de manera rápida mediante las carreteras principales o mediante el ferrocarril. Las principales carreteras o vías férreas también se utilizan para el trasporte de madera, semillas y las plántulas para reforestación. Es importante mencionar además que durante el periodo de sequía existe un aumento considerable de las temperaturas dando como resultado el crecimiento de las posibilidades de incendios forestales. Por esa razón, las organizaciones se ocupan de controlar las áreas forestales con mayores temperaturas de la provincia.

Por otra parte durante mucho tiempo las principales aplicaciones para los usuarios de SIG han sido de escritorio. Sin embargo hoy la disponibilidad de

Internet mejora exponencialmente permitiendo la conexión entre redes locales, por lo que las condiciones tecnológicas permiten mejorar y desarrollar un nuevo modo de funcionamiento basado en los servicios de datos geográficos. La naturaleza de las aplicaciones geográficas requiere la integración y el intercambio de datos espaciales de una variedad de proveedores. La interoperabilidad es un objetivo principal para el SIG. (Aktas et al, 2004).

Un servicio es una aplicación de software que se puede descubrir, describir, y se accede a la base de un lenguaje de descripción específica y protocolo, y no dependen del contexto o el estado de otros servicios o plataformas de apoyo. Los SIG distribuidos se basan en un esquema de red más avanzada. La comunidad SIG reconoce que Internet proporciona un nuevo medio para la participación y su respuesta ha llegado en forma de tecnologías de software orientados a proporcionar la capacidad para implementar SIG en un entorno distribuido. (Tait, 2005).

El enfoque de manejo de la vegetación en SIG Internet es una continuación del proyecto denominado: Desarrollo de las diferentes versiones de la cubierta vegetal actual en Cuba a través de imágenes de satélite LANDSAT 7 ETM SLC-off. El objetivo principal de este proyecto fue el análisis de coberturas de vegetación en el territorio nacional con base en una clasificación existente de 32 tipos de vegetación. Los autores obtuvieron la clasificación final a partir de imágenes satelitales Landsat 7 ETM SLC-off, corregido por el software cubano, que implementa el algoritmo Fill Gap, Fase II de la organización geológica de los Estados Unidos [USGS]. (Estrada-Estrada et al., 2011)

El propósito del prototipo que se desarrolló en este trabajo es el análisis de la vegetación existente, para la futura toma de decisiones y para el diseño de políticas y estrategias de conservación y protección. El principal usuario es la Organización Forestal, no obstante un largo número de investigadores e instituciones también necesitan la información relacionada con la cobertura vegetal, como son los Grupos de Evaluación de Riesgos GER y las organizaciones medioambientales. De aquí se define el enfoque cliente/servidor que se muestra a continuación (Figura 1).

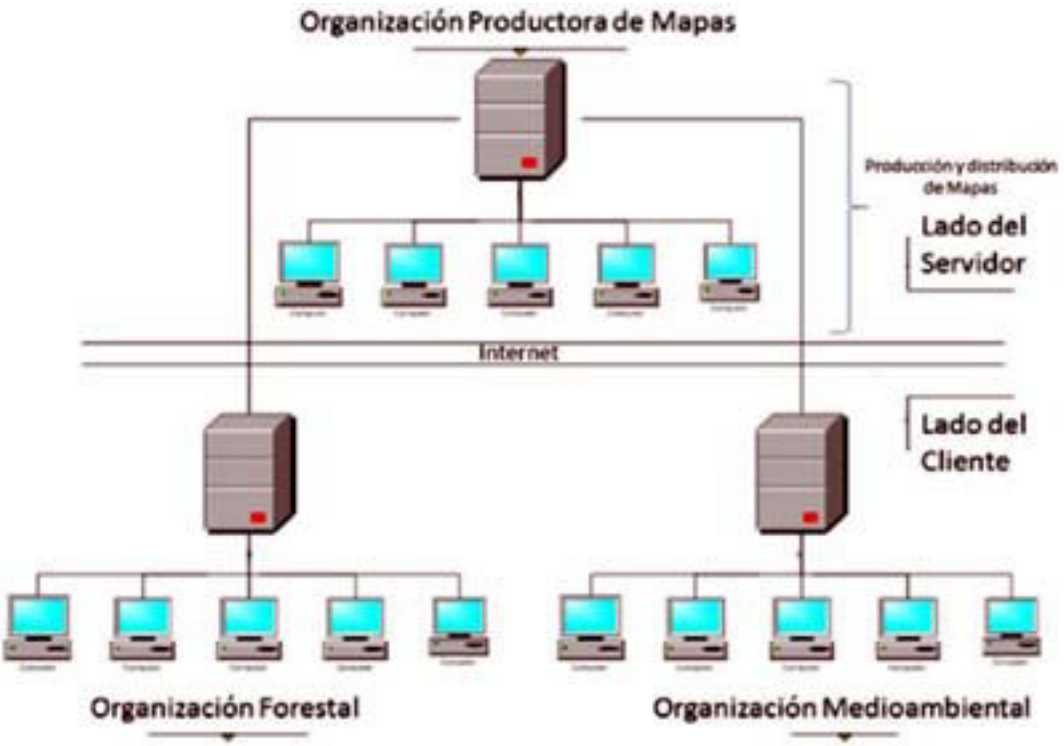


Figura 1. Enfoque cliente/servidor

METODOLOGÍA EMPLEADA Y MATERIALES

Teniendo en cuenta que el servicio de Internet en Cuba es débil y que en muchas zonas del país no hay conexiones de banda ancha, lo que afecta la velocidad, además existen algunos momentos en los que no hay servicios; proponemos un servicio SIG en Internet enfocado a cliente pesado. Éste es capaz de utilizar datos locales, puede dejar de funcionar temporalmente fuera de línea y algunos de los procesos tienen lugar en los equipos cliente. Para lo cual se implementa un diseño de arquitectura SIG soportado en tres componentes fundamentales. Uno orientado a la administración de datos, otro orientado a la distribución de datos en la WEB y el tercero orientado a la interface de usuario definido como cliente pesado. El resumen de dicha arquitectura se muestra a continuación (Tabla 1).

Tabla 1. Arquitectura del Servicio de Información Geográfica de Cobertura vegetal

Componentes	Naturaleza	Entorno	Funciones	Software
Administrador de datos	DBMS	SQL	Vector, tabular	Postgres SQL
Servicio Web	ServidorGeográfico WEB	XML, WMS, WFS	Consulta de mapas, traducción de geo-código	Map Server
Cliente	Interface de usuario	Aplicación de escritorio	Visualización y análisis	QGIS

El siguiente proceso fue la evaluación de los datos de entrada. Los datos introducidos tienen dos fuentes principales: el mapa topográfico en escala 1:100 000 y la información sobre la cobertura vegetal que se obtuvo de la imagen Landsat con resolución espacial iguales 30 m. Teniendo en cuenta la exactitud de los datos de entrada se define para el mapa de salida la escala 1:250 000. Los datos y diferentes clasificaciones de la vegetación fueron obtenidos mediante el procesamiento digital de imágenes Landsat ETM 7 SLC-off, corregidas mediante unametodología desarrollado al respecto en nuestro país.

El proveedor de datos es la organización GEOCUBA, y los datos de las capas principales se enumeran a continuación, los mismos están disponibles en los servidores de GEOCUBA. La aplicación actual utiliza los siguientes datos de la provincia Pinar del Río.

1. División político-administrativa (vector)
2. Frontera de las Empresas Forestales (vector)
3. Principales zonas pobladas (vector)
4. Hidrografía (principales ríos y embalses) (vector)
5. Red de carreteras (autopistas y carreteras de primero y segundo orden) (vector)
6. Línea de ferrocarriles (vector)
7. Uso de suelo (vector)
8. Cobertura vegetal (vector)

Para la modelación de datos fue utilizado el Lenguaje Unificado de Modelado LUM o UML, por sus siglas en inglés, Unified Modeling Language, mediante el enfoque de diseño Model Driver Architecture. Las reglas, restricciones y relaciones entre los datos fueron establecidas en el Modelo de Datos Conceptual implementado en plataforma independiente, las que pueden ser automáticamente transformadas en un modelo lógico y posteriormente físico. El modelo de plataforma independiente se transformó en un modelo de plataforma específico, utilizando como plataforma Postgres / PostGIS. El modelo de plataforma específico se transformó en código SQL y una nueva base de datos física fue creada en Postgres SQL, llamado PinarUML. PostgreSQL es un sistema de base de datos objeto-relacional (ORDBMS) desarrollado en la Universidad de California en Berkeley Departamento de Informática. PostgreSQL es un descendiente de código abierto y es compatible con una gran parte del estándar SQL. (PostgreSQL, 2010) Para el caso que ocupa la base de datos resultante se compone de 23 tablas y 16 secuencias. Este proceso fue realizado por elementos de modelado ISO -OGC espacial. El paquete de la geometría ha sido desarrollado por el ITC. Antes de ejecutar el código llamado CreateGeometry.sql en Postgres, las geometrías se ajusta al Sistema de Identificador de Referencia Espacial SRID, en su acrónimo inglés con el código de uso común EPSG=4326 correspondiente al elipsoide y datum WGS 84.

El siguiente trabajo estuvo encaminado al diseño de los mapas de salida. Para ello se determinala forma de visualizar los puntos, líneas y polígonos de acuerdo con el esquema de análisis de información cartográfica de Geels (Geels, J.H., 1987). Este proceso se tiene en cuenta para posterior configuración del archivo de mapa a implementarse en Map Server.

El siguiente paso fue la preparación de las capas de acuerdo al diseño del mapa, la herramienta de exportación Map Server Export disponible en QGIS fue utilizada para la creación del archivo de mapa también conocido como map file por su terminología en ingles o archivo de mapa, el cual es un archivo de

texto estructurado para su aplicación MapServer. El archivo de mapa define el área del mapa, le dice al programa MapServer dónde están los datos datos y donde las imágenes de salida, define las capas del mapa, incluyendo su fuente de datos, proyecciones y simbología. (MapServer, 2011) Aunque la mayoría de los procesos se pueden realizar de forma automática, es necesario revisar y editar el archivo de mapa. Para la evaluación del prototipo se empleó el software Map Server perteneciente a los servidores del ITC, cada equipo dentro de la red ITC se puede conectar a Map Server a través de QGIS, Map Server recibe los datos de la ubicación de la base de datos Postgres SQL y responde al cliente.

RESULTADOS OBTENIDOS

Quantum GIS [QGIS] es un sistema de información geográfica fácil de usar. Es unsoftware de fuente abierta [Open Source] que opera bajo una Licencia Pública General GNU por sus siglas en ingles (QGIS, 2010). QGIS permite combinar las capas procedentes de Web Map Server [WMS] y Web Feature Server [WFS] con las otras capas procedentes de los datos locales, para lo cual se definen los siguientes análisis:

1.Los tipos de vegetación y su unidad espacial dentro de cada área de bosque.

La Figura 2 que se muestra a continuación está visualizando los tipos de vegetación por superficie forestal. Cuba tiene dos tipos de clasificación de acuerdo a las regulaciones vigentes, una llamada Capote y otra llama MINAGRI. La primera incluye 32 tipos de vegetación y la segunda incluye 16 tipos de vegetación. Es importante mostrar las dos clasificaciones y saber cuántas áreas están cubiertas por clase. En este caso se combinaron dos capas: la capa Áreas Forestales (WFS) y la capa Cobertura Vegetal (WMS)

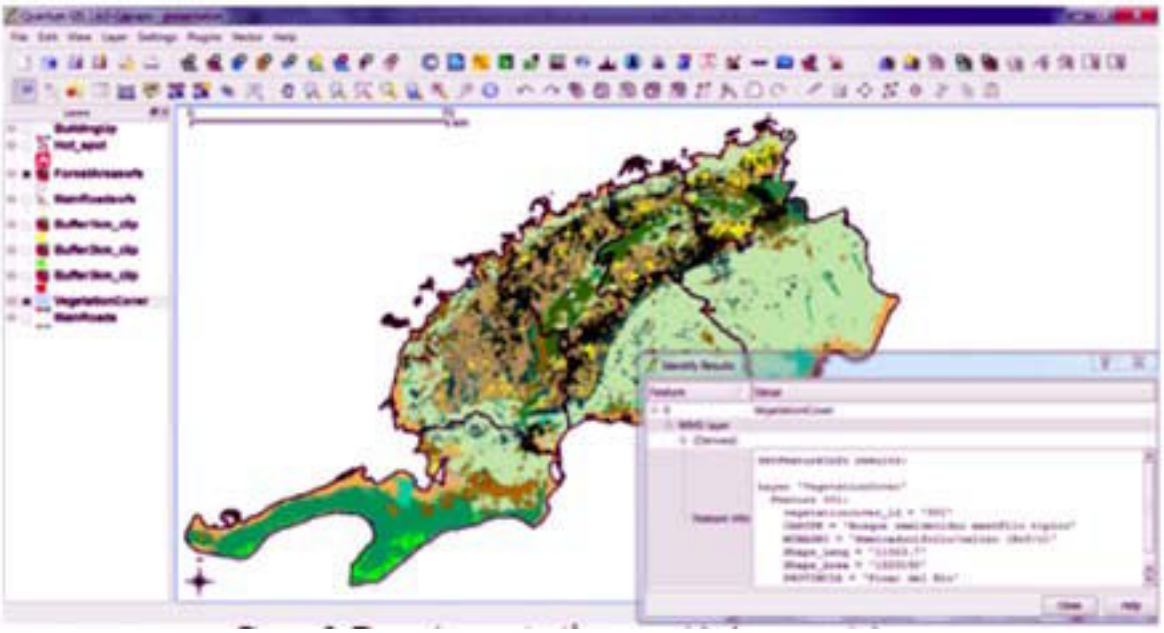


Figura 2. Tipos de vegetación por unidades espaciales

Las distancias entre las zonas de alta temperatura y la ciudad más cercana.

La distancia de medición se realizó entre las áreas de alta temperatura y la ciudad más cercana. Los clientes pueden hacer esto utilizando las herramientas de QGIS de dos maneras: siguiendo las principales vías de la ciudad hasta el punto de interés o a través de una línea recta entre ellos. Esta herramienta es aplicable a cualquier distancia que el cliente necesita medir. Ellos pueden usar las capas Cobertura vegetal_WMS, Caminos principales configurada como WMS y como WFS, Principales áreas pobladas_WMS, y Puntos de calor como dato local, el cual es adquirido diariamente por los usuarios forestales. La representación de este análisis se visualiza a continuación (Figura 3)

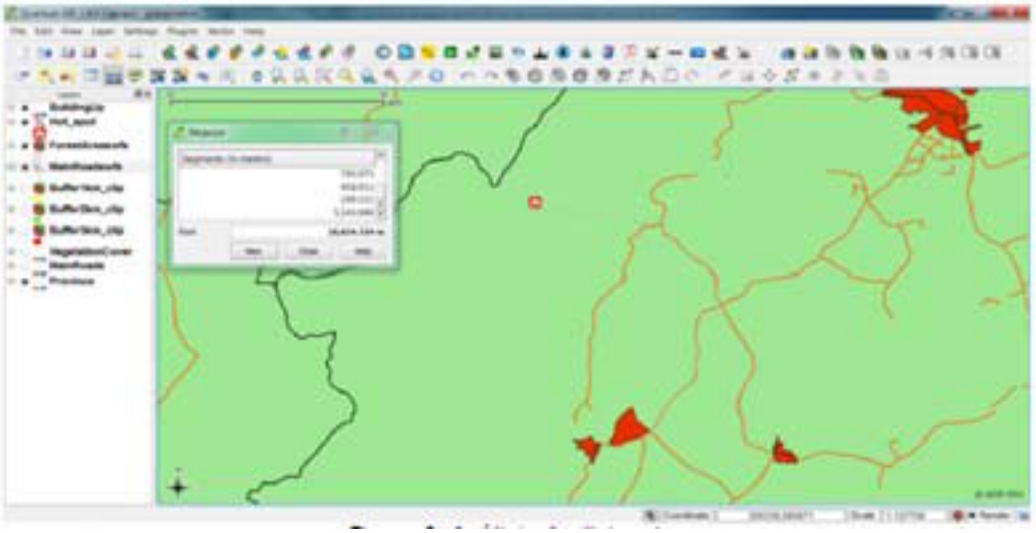


Figura 3. Análisis de distancia

La cantidad de área dentro de una división forestal de acuerdo a la organización responsable de los bosques.

Los usuarios también están interesados en la representación espacial de la división forestal de acuerdo con las organizaciones forestales responsables, así como la visualización de algunos de los atributos tomados de DBMS como son el nombre de la institución responsable de los bosques de la zona, el nombre de los municipios dentro del área, el cubrimiento del área en kilómetros cuadrados y la identificación del área boscosa (Figura 4).

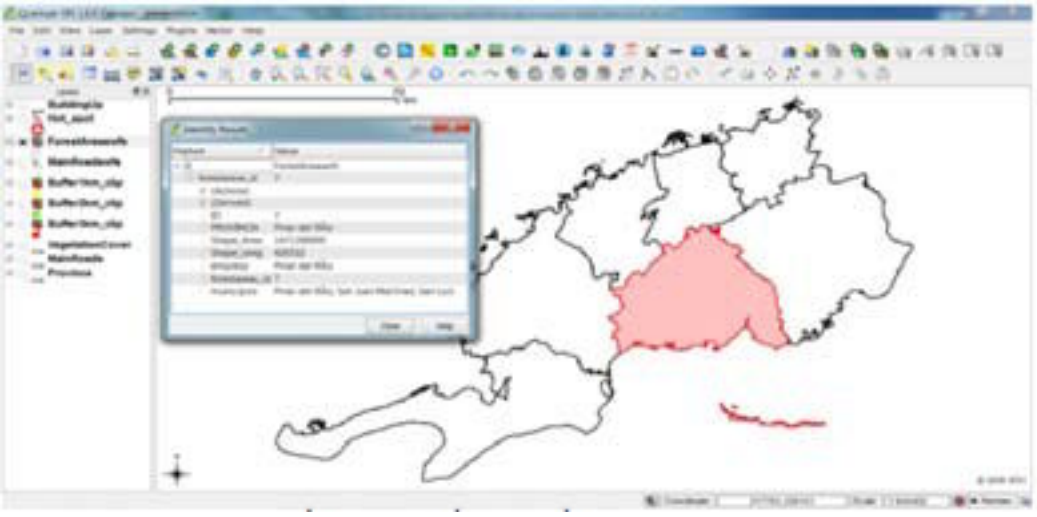


Figura 4. Características de las áreas según las organizaciones forestales

Determinar la accesibilidad a cada zona forestal de acuerdo a la distribución de las carreteras principales. Para este caso particular se realizaron tres cálculos basados en la herramienta buffer del QGIS. Se construyó uno a 1 km alrededor de las carreteras principales, otro a 2 km y el último a 3 km. Dentro de este radio se considera un área de fácil acceso por carretera. Combinando las siguientes capas: Áreas Forestales_WFS y Carreteras principales_WFS. La Figura 5 visualiza las zonas accesibles por carreteras luego del análisis.

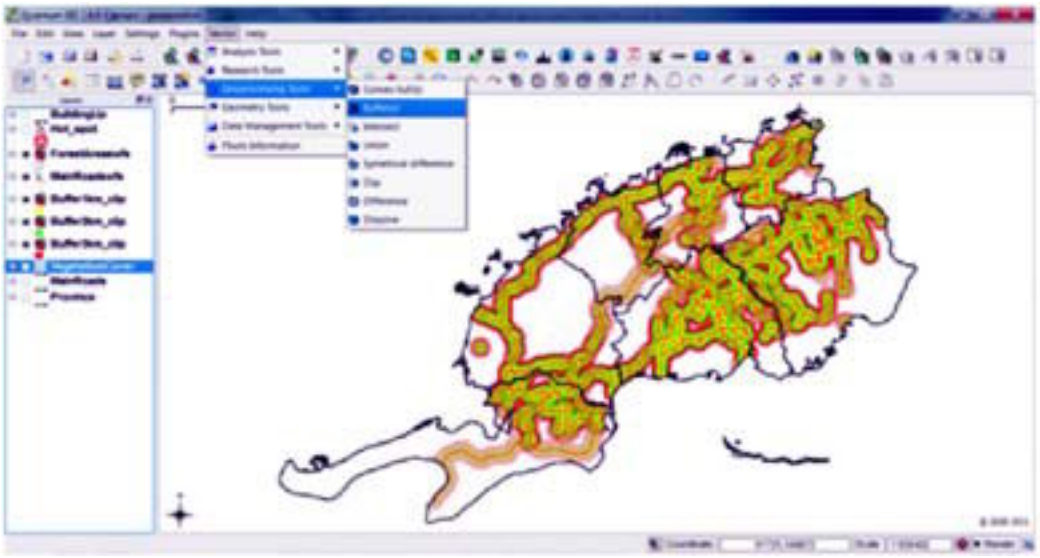


Figura 5. Análisis de accesibilidad

Los recursos de distribución de agua dentro de cada área de bosque.
La mayoría de las formaciones naturales se desarrollan alrededor de los ríos o lagos, por tanto otra información que el cliente puede obtener a partir de DBMS es el tipo y la cantidad de recursos hídricos por superficie forestal, y su distribución espacial. Combinando capas como: Áreas Forestales_WFS, Canales_WMS, Ríos_WMS y Cuerpos de agua_WMS, se pueden llegar a conclusiones sobre la distribución de los recursos.

Estos son 5 análisis básicos, no obstante, en dependencia de la experiencia de los usuarios en la explotación de los SIG, otras combinaciones de capas y otros análisis pueden ser ejecutados tal como la accesibilidad a los recursos hídricos, el cuerpo de agua más cercano en caso de un incendio forestal etc.

CONCLUSIONES

El Servicio de mapas en Web fue creado, el cual no sólo va a beneficiar al cliente principal, también distribuirá datos mediante el uso de la internet a otros usuarios que se encuentran fuera de la red de las organizaciones forestales. Otro resultado importante fue la implementación del DBMS a través de la modelación del problema y su posterior aplicación en una estructura de base de datos física, lo que permite una mejor organización de los datos, con relaciones entre tablas que permiten un mejor mantenimiento y actualización basada en lenguaje SQL.
A pesar de que la aplicación está orientada al cliente (cliente pesado), se considera que existe un avance tecnológico, ya que evita la duplicidad de los datos que anteriormente tenían que ser reproducidos en cada estación de trabajo para manejar SIG. Los recursos de Internet se pueden utilizar sin ser totalmente dependientes del mismo, y permite a los usuarios hacer sus propios análisis espaciales además de acceder a datos de carácter personal.

BIBLIOGRAFÍA

Aktas, M. et al. (2004). Implementing the International Solid Earth Research Virtual Observatory by Integrating Computational Grid and Geographical Information Web Services. Technical Report December 2004, to be published in Special Issue for Beijing ACES Meeting July 2004.

Estrada-Estrada, R., Martín-Morales, G., Martínez-Fernández, P., Rodríguez-Hernández, S. V., Pablo-Capote, R., Reyes-Alonso, I., et al. (2011). Elaboración de diferentes variantes de la cobertura vegetal actual de la República de Cuba mediante el empleo de imágenes satelitales LANDSAT 7 ETM SLC-OFF. Paper presented at the V Congreso Forestal de Cuba. From:
http://bva.fao.cu/pub_doc/FORESTALES/Revista%20Espec.%202011/ELABORACI%C3%93N%20DE%20DIFERENTES%20VARIANTES%20DE%20LA%20COBERTURA%20VEGETAL%20ACTUAL.pdf

Geels, J.H., 1987. Een model voor de keuze van vlaksymbolen I. Kartografisch Tijdschrift, 13(4), 22-27.

MapServer. (2011). MapServer Documentation (Release 6.0 ed.).

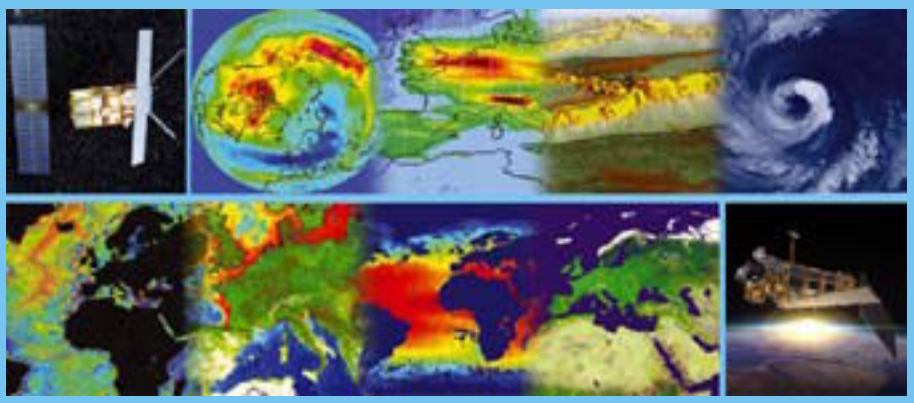
Peng, Z.-R., &Tsou, M. H. (2003). Internet GIS : distributed geographic information services for the internet and wireless networks. Hoboken: Wiley&Sons.

Peng, Z.-R., & Tsou, M. H. (2003). Internet GIS : distributed geographic information services for the internet and wireless networks. Hoboken: Wiley & Sons.

PostgreSQL. (2010). PostgreSQL 9.0.4 Documentation.

QGIS. (2010). Quantum GIS User Guide (Version 1.6.0 'Copiapó' ed.).

Tait, M. G. (2005). Implementing geoportals: applications of distributed GIS. Computers, Environment and Urban Systems, 29(1), 33-47.



ESA promueve el desarrollo y la cooperación internacional

... y Envisat sigue observando el lugar del próximo simposio (arriba izquierda)

ESA - ESRIN
Via Galileo Galilei,
Casella Postale 64.
00044 Frascati (Roma)
ITALIA
Tel: (39.06) 94180.409
Fax: (39.06) 94180.280
Att: Sr. Francesco Sarti (América Latina)

ESA - Asuntos Internacionales
8-10 rue Mario Nikis,
75738 PARIS Cedex 15, FRANCIA
Tel: (33.1) 5369.7731, Fax: (33.1) 5369.7627
Att: Sra. Marie Elisabeth De Vel (América Latina)